ISSN 0022-4847

台灣農業研究

第五十七卷　　第一期

研究報告

台灣鳳梨介殼蟲萎凋-相關病毒-1之初步鑑定
廖吉彥、胡仲祺、張清安、鄧汀欽 1

火鶴花自動肥灌與遠端即時監控系統之研究
陸龍虎、蔡致榮、向為民、徐武煥、莊耿彰 15

甘藷花青素與多酚含量之研究
鄭統隆、施怡如、曾東海、賴永昌、吳明哲 33

抗輪點病毒轉基因木瓜之生態影響評估 - I. 土壤微生物族群數與有效性養分濃度的差異
簡宣裕、石信德、林俊義、張明暉、劉邦基 49

東方果實蠅小面積區域防治模式研究 (二) 柑橘園之測試
黃毓斌、高靜華、江明耀、鄭允、李木川 63

高屏地區農產品批發市場關係品質的前因與結果
顏財發、林永順、羅婉容 74

中華民國九十七年三月
行政院農業委員會農業試驗所出版
中華民國　台灣　台中縣　霧峰鄉

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 57(1):1-14 (2008)

台灣鳳梨介殼蟲萎凋-相關病毒-1之初步鑑定[1]

廖吉彥[2] 胡仲祺[3] 張清安[2] 鄧汀欽[2,4]

摘 要

廖吉彥、胡仲祺、張清安、鄧汀欽。2008。台灣鳳梨介殼蟲萎凋-相關病毒-1 之初步鑑定。台灣農業研究 57:1-14。

從彰化縣社頭及二水等地鳳梨 [*Ananas comosus* (L.) Merr.] 栽種區採集罹患萎凋病的台農 2 號鳳梨植株 (代號：Pa1) 及果實，經電子顯微鏡觀察、電泳分析、病毒鞘蛋白核酸與胺基酸序列比較、鞘蛋白基因之表現蛋白製作抗血清及其西方轉漬反應，證實在鳳梨萎凋病的病株中有屬於鳳梨介殼蟲萎凋-相關病毒-1 (*Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1, PMWaV-1)。而其果實上分離到的介殼蟲經鑑定為鳳梨嫡粉介殼蟲 [*Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)]。利用電子顯微鏡以陰染法觀察，病毒顆粒為長絲狀，大小約 1250-1300 × 12-15 nm。從病毒 RNA 3' 端解序 783 個核苷酸屬於鞘蛋白基因，與 GenBank 中的 PMWaV-1 (Access No. AF414119) 比較鞘蛋白基因之核苷酸，其相同度達 99.1%，而其胺基酸相似度則為 98.4%。將病毒鞘蛋白基因以限制酶切割後，再以 DNA ligation kit 粘接至 pET28b (+) 載體，轉殖於 DH5α 菌株，並於 *Escherichia coli* BL21 (DE3) 菌株表現蛋白，經電泳分析該表現蛋白之分子量約為 27 kDa。經注射白兔製備抗血清，以西方轉漬反應顯示自製的抗體與病毒鞘蛋白基因表現蛋白及侵染 Pa1 植株的病毒鞘蛋白有同源 (homologous) 反應。因此利用病毒鞘蛋白基因的表現蛋白所製備的抗體即可作檢測之用，本報告為台灣地區鳳梨萎凋病的病原 PMWaV-1 之鑑定首篇紀錄。

關鍵詞：鳳梨介殼蟲萎凋-相關病毒-1、鞘蛋白基因、表現蛋白、序列比對。

前 言

鳳梨為鳳梨科 (Bromeliaceace) 鳳梨屬 (*Ananas*) 的多年生草本植物，原產於熱帶美洲。1972 年全台灣種植面積為 16,094 ha，總產量 334,384 t，其中 80%供應外銷，當時外銷量為世界前二位，

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2308 號。接受日期：96 年 12 月 26 日。
2. 本所植病組助理研究員、研究員兼組長、研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 國立中興大學生物科技所 助理教授。台灣 台中市。
4. 通訊作者，電子郵件：tcde@wufeng.tari.gov；傳真機：(04)23338162。

對農村經濟之發展與國家外匯收入貢獻良多。爾後由於農村人力缺乏，工資物價高漲，種植面積逐年減少。至 2000 年種植面積約為 9,546 ha。未來鳳梨產業朝向鮮食品種發展，提昇栽培技術，積極有效管理病蟲害，生產高品質果實，以提高鳳梨產業的競爭力 (Chang 1991)。

鳳梨萎凋病 (Mealybug wilt of pineapple, MWP) 的發生早在 1950 年陶氏 (Sun *et al*. 1953; Tao 1989) 發表鳳梨萎凋病病因及其防治方法指出鳳梨萎凋病與粉介殼蟲有關，其後孫、李 (Sun *et al*. 1953) 等人調查鳳梨萎凋病與螞蟻及粉介殼蟲對萎凋病的影響，在報告中也指出螞蟻及粉介殼蟲共生現象會導致鳳梨萎凋病的發生，進而發現在鳳梨田外種植保護行並噴施防螞蟻藥劑阻隔螞蟻，可間接阻止鳳梨粉介殼蟲進入，藉以預防鳳梨萎凋病 (Sun *et al.* 1953)。但始終無鳳梨萎凋病病原的相關記載。直到 1988 年 Rohrbach 指出感染萎凋病的鳳梨上發現有病毒的 RNA 存在，經初步分離鑑定，發現該病毒屬於長絲狀的 closterovirus group (Rohrbach *et al*. 1988; Borroto *et al*. 1998)。國外相關報告指出，鳳梨萎凋病的病原包括有 *Pineapple mealybug wilt associated virus*-1 (PMWaV-1)、*Pineapple mealybug wilt associated virus*-2 (PMWaV-2) 及 *Pineapple mealybug wilt associated virus*-3 (PMWaV-3) 等 (Perez *et al.* 2006)，而其中三者的比較是以 RNA-dependent RNA polymerase、small hydrophobic protein 及 HSP-70 蛋白胺基酸序列相似性為主，PMWaV-3 與 PMWaV-1 之相似性分別為 64%，73%，及 79%，而 PMWaV-3 與 PMWaV-2 之相似性分別為 30，13%及 44%，顯示 PMWaV-3 與 PMWaV-1 關係較相近 (Perez *et al*. 2006)。本土鳳梨萎凋病的病原學研究先前並無相關的報告 (Lin 2001)，因此有必要進一步瞭解探討。

材料與方法

病毒之來源

從彰化縣社頭鄉及二水鄉鳳梨栽種區採集疑似罹患萎凋病的台農 2 號鳳梨植株 (Pa1)，其果實有粉介殼蟲寄生，因粉介殼蟲會分泌蜜露，因此疑似病毒感染的植株有煤煙病的發生。將病株取回後，放入白色養蟲網繼續觀察及以鳳梨果實飼養粉介殼蟲，以供試驗用。另一方面，以白色養蟲網種植健康鳳梨株，以供對照。

電子顯微鏡觀察

以陰染法進行電子顯微鏡觀察病毒顆粒之形態，切取 Pa1 病株葉組織，壓取粗汁液以等量 2% 磷鎢酸 (Phosphotungstic acid; PTA) 行陰染後 (Christie *et al*. 1968; Hall 1964)，以 Hitach 7000 電子顯微鏡進行觀察。之後，進行免疫電子顯微鏡觀察時，則依照 Milne (Milne *et al.* 1977) 所述之程序，先以免疫球蛋白 IgG 覆膜處理 (coating) 於銅網 (grid) 上，再與罹病粗汁液反應吸附病毒，進一步以免疫球蛋白 IgG 覆蓋處理後，以前述方法陰染後再行鏡檢。

病毒純化

將 Pa1 病株之葉片 250 g，置-20℃冷凍隔夜，用液態氮處理後，以粉碎機打碎成粉狀，加入 500 mL 的 500 mM EB buffer (內含 Tris-HCL buffer pH 8.4, 4% Triton-X 100 及 0.2% 2-Mercapto-ethanol) (Wakman *et al*. 1995) 攪拌。再於 4℃下攪拌 1 hr 後，用紗布過濾，經 43,300 g (Hitachi CR20B2,R12A3) 離心 20 mins，取上澄液，經 367,200 g (Hitachi SCP70G, RP70T) 離心 35 mins 沉降濃縮病毒，再以 44 mL 的 100 mM TM buffer (內含 Tris-HCL buffer pH 8.5, 10 mM $MgCl_2$) 懸浮沉澱物成為初步純化

試料。進一步純化則利用等密度平衡離心法，將試料在 4℃下分裝至離心管中，以 50% Cs_2SO_4中經 255046 g (Hitachi SCP70, RP65T) 離心 23 hrs 後，可在距離心管口 5.2 cm 處形成一蛋白光帶 (Hu *et al*. 1996)。純化後試液用電子顯微鏡以陰染法觀察。

核酸分析

反轉錄-聚合酵連鎖反應 (RT-PCR)：分別取 140 μg 之 Pa1 植株病葉與正常健康株，利用全量 RNA 純化試劑組 (Viogene plant total RNA extraction miniprep system)，進行全量 RNA 之抽取純化。根據 Melzer 2001 及 NCBI 已註冊的核酸序列 (Accession No. AF414119 及 Accession No. AF283103) 設計出專一性引子對，pa119-f (5'-AGCTCATAGATTCAGGACCG-3') 及 pa119-r (5'-ACCTTATTGCGTCCACCC-3') 係針對 PMWaV-1 病毒。而 pa103-f (5'-CGTTACCAG TAGCTTTAGTTCC-3') 及 pa103-r (5'-TCCTACCCTGAAACAGCTCC-3') 係針對 PMWaV-2 病毒。利用反轉錄試劑組 [Pro Tech., Hot Start RT-PCR kit，內含 AMV reverse transcriptase (25U)，Taq DNA Polymerase (2U)，RNasin (5U)，dNTPs (1 mM)，Antibody (2U)] 進行 RT-PCR 反應，於每一 20 μL 反應中加入 1 μL RNA template、17 μL sterile H_2O、1 μL pa119-f (20 mM) 及 1μL pa119-r (20 mM)，於熱循環反應儀 (Biometra Uno-thermoblock, Biometra biomedizinische Analytik GmbH) 進行反應。反應程序爲 RNA 在 58℃變性 5 mins，42℃下 1 hr 合成 cDNA 之後進行 35 個 PCR 循環反應，94℃下變性 1 min，54℃下煉合 1 min，72℃下聚合 1.3 min，最後一個循環中 72℃下聚合延長 8 mins，反應結果以電泳進行分析。

核酸片段選殖和序列分析：經上述 RT-PCR 增幅所得之 DNA 片段，以 TOPO TA Cloning Kits (Invitrogen Carlsbad, CA) 進行選殖，經由轉形作用送入 *Escherichia coli* DH5α 宿主，利用藍白菌落反應初步選出可能含有嵌入序列之菌株，後經微量質體純化分析，以進一步選出確定之轉型菌株。再以 ABI PRISM 377-96 DNA 序列分析儀 (Perkin-Elmer, CA, USA) 及其配用之螢光標識反應試劑組 (ABI PRISM BigDye Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction Kit) 進行核苷酸序列分析，將此所得序列利用 GCG Wisconsin Package 及 DNA STAR 軟體與 GenBank 上已正式登錄之核苷酸序列進行分析比對。

表現 CP gene 蛋白：依據經上述 CP gene 經定序後，序列稍加修改設計出專一性引子對 pa-exp-f: (5'-TTT TGT c ca tgg CTG ATT G-3') 及 pa-exp-r: (5'-GTG CTG gaa ttc GCC CTTAA-3')，分別含有 *NcoI* (c/catgg) 及 *EcroI* (g/aattc) 限制酵切位。以代號：5、8 及 15 轉殖株之質體 DNA 爲模版，以 pa-exp-f 及 pa-exp-r 進行 PCR，獲得一約 0.9 K bp 之產物包含 cp gene 及限制酵切位，將上述核酸產物與 pET28b (+) 載體以限制酵素切割，再以 Novagen DNA ligation kit 粘接後，轉殖於 DH5α菌株，並於 BL21 (DE3) pLySs 菌株表現蛋白，共獲得 3 個 BL21 (DE3) 轉殖株代號：5、8 及 15，其內 pET28b (+) 載體確實含有 CP gene 序列；分別將這 3 個 BL21 (DE3) 轉殖株加入 5 mL LB 培養基培養過夜，取 $O.D_{600}$ 達到 0.6 之菌液加至 500 mL M9 培養基 (含 0.05 ppm 之 kanamycin 及 34 ppm 之 chloramphenicol) 中，於 37℃培養約 3.5 hrs，加入濃度 100 ppm IPTG 誘導蛋白之表現，IPTG 的最終濃度爲 0.2 mM，再以 200 ppm rifampicin 培養 4 hrs 以抑制非專一性蛋白之表現，表現外鞘蛋白經 SDS-PAGE 電泳分析後，以確定其位置 (Chen *et al*. 2002)。

CP gene 表現蛋白經家兔免疫注射製備血清

以紫外光吸收光譜分析決定純化表現鞘蛋白之純度及濃度後 (Dijkstra *et al.* 1998; Cseke *et al.* 2004)，定量 (1 mg/mL) 分裝並加以冷凍保存以供後續試驗。在進行表現蛋白抗體之製備過程中，乃將此純化表現蛋白試料 1 mg/mL 加等量之完全補助劑充分乳化，於家兔後腿行肌肉注射，以後每隔七天並以不完全補助劑乳化等量純化表現蛋白試料追加注射，總共追加注射三次。最後一次注射後第七天起每七天家兔耳部行靜脈採血，所採集之抗血清，分裝後置於-75℃下冷凍保存。

西方轉漬分析以測試抗體專一性

由代號為 5 的 BL21 (DE3) 轉殖株所表現的病毒 CP gene 表現蛋白與 Pa1 植株組織液經含有 1% SDS 的 12% polyacrylamide 電泳分離後，以 0.025% Coomassie blue R250 (CBR250) 染色後觀察蛋白帶數目及移動距離，據以計算病毒鞘蛋白之分子量之大小。另於轉漬槽內，以 100 V 通電 1.5 hr 將電泳膠轉漬於硝化纖維膜上，再與病毒 CP gene 表現蛋白之抗體 (稀釋 500 倍) 反應，然後以鹼性磷酸酵素標定之山羊抗兔免疫球蛋白 (Sigma A8233) (稀釋 1000 倍) 反應，最後以 nitroblue tetrazolium (NBT) 及 bromochloroindoyl phosphate (BCIP) 基質進行呈色 (Gooderham 1984)。

結　果

病毒之來源

疑似罹患萎凋病的台農 2 號鳳梨植株 (Pa1)，其中 Pa1 病株葉部呈現黃化、葉尖枯萎、及葉片變紅等病徵 (圖 1A)，感染初期葉片呈現綠色斑點突起 (圖 1C)，其果實上介殼蟲經鑑定為鳳梨嫡粉介殼蟲 [*Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)]，其分泌蜜露吸引共棲的螞蟻而導致煤煙病的發生 (圖 2)。在白色養蟲網種植健康鳳梨株，經種植一個月觀察，初期葉片並未有綠色斑點突起。而 Pa1 病株初期葉片一直呈現綠色斑點突起。

電子顯微鏡觀察

切取 Pa1 病株之組織汁液經 2% PTA 陰染，所觀察到組織內的長絲狀病毒顆粒大小約 1250-1300 × 12-15 nm (圖 3)。病毒顆粒經外鞘表現蛋白抗體反應吸附後，在電子顯微鏡下觀察，發現病毒顆粒周圍有被修飾 (decoration) 的現象 (未登出)。

病毒純化

由 Pa1 病株中純化所得試液約 4.5 mL，其 A260、A280 及 A260/A280 比值分別為 0.715、0.479 及 1.492。經電子顯微鏡觀察，未發現病毒顆粒。重複純化三次，皆得到相類似的結果。因此，所獲得的試液，無法用來製備專一性血清。

核酸分析

反轉錄-聚合脢連鎖反應 (RT-PCR)：以 pa119-f 及 pa119-r 為專一引子對，以自 Pa1 植株病葉為材料的病毒 RNA 為模版，預估可於 RT-PCR 後獲得一約 1.1 Kbp 之 DNA 產物，瓊脂電泳分析結果發現，可獲得一與預估值相符之 DNA 片段 (圖 4)。而以 pa103-f 及 pa103-r 為專一引子對，進行類似實驗後未能獲得任何 DNA 產物。以正常健康株為材料時，不論以 pa119-f 及 pa119-r 或 pa103-f 及 pa103-r 為引子對皆未能獲得有任何 DNA 產物。

圖 1. 鳳梨萎凋病株（Pa1）所呈現之病徵。(A) 罹病株黃化、葉片變紅；(B) 健康株；(C) 初期病徵呈現綠斑、葉尖枯萎（箭頭所指）。

Fig. 1. Symptoms of plants of *Ananas comosus* (Pa1) associated with pineapple wilt: (A) Diseased plant showing yellowing, reddening, and dieback, (B) The healthy plant, (C) The green bumps (as indicated by the arrow) developed at early stage of infection.

圖 2. 鳳梨果實被鳳梨嫡粉介殼蟲危害，並有煤煙病的發生 (如箭頭)。

Fig. 2. Fruit of *Ananas comosus* infested by *Dysmicoccus brevipes* and on which sooty mold occurred (indicated by arrows).

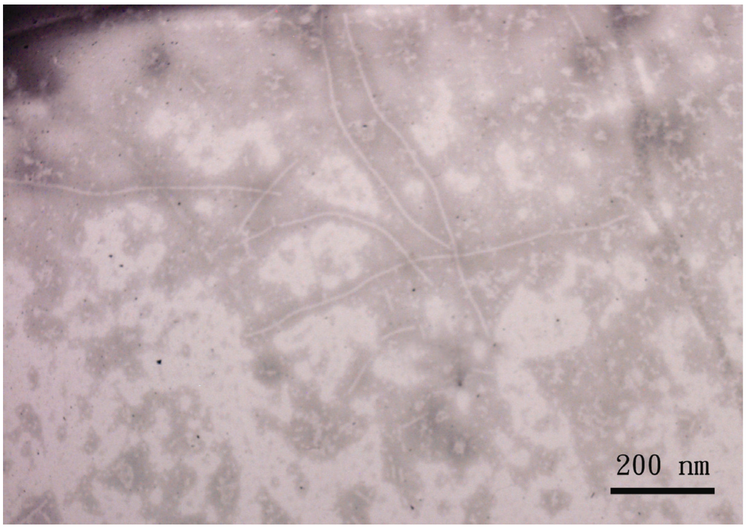


圖 3. 鳳梨萎凋病株 (Pa1) 葉組織粗汁液中的病毒顆粒。

Fig. 3. Virions in leaf crude sap of diseased plant (Pa1).

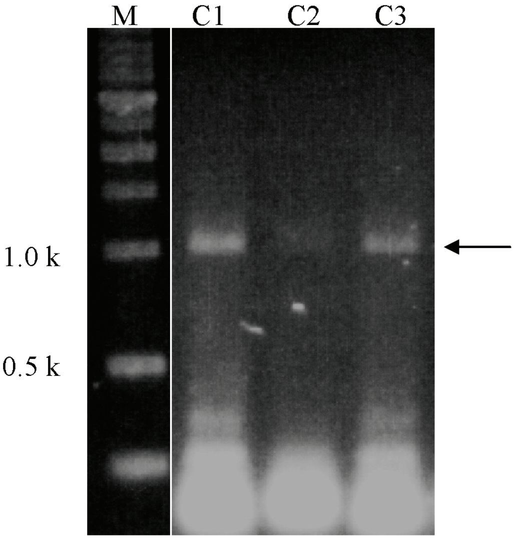


圖 4. 鳳梨萎凋病株 (Pa1) 以引子對 pa119-f 及 pa119-r 進行病毒鞘蛋白基因反轉錄聚合酵鏈鎖反應；PCR 擴增產物以瓊脂電泳進行分析。箭頭：擴增產物。C1、C2 及 C3：分別採用不同部位的葉片組織。

Fig. 4. Agarose gel electrophoresis analysis of CP gene of virus isolate from diseased plant (Pa1) amplified by RT-PCR using primers pa119-f and pa119-r. (Lane M is molecular size marker. Lanes C1, C2 and C3 are RT-PCR products from three different infected leaf tissues. The expected RT-PCR product of CP gene of virus, about 1.1 Kbp, is indicated by the arrow on the right.)

核酸片段選殖和核酸序列分析：利用藍白菌落反應初步選出可能含有嵌入序列之選殖菌株，由微量質體純化，經洋菜膠體電泳分析，進一步選出確定之轉型菌株，選出可能含有嵌入序列之選殖菌株 3 個命名為 5、8 及 15，從進行核酸序列分析結果顯示與 GenBank 上已正式登錄的核苷酸序列進行相同性比對，得知與 *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1 (PMWaV-1) (Accession No. AF414119 complete cds) 的 CP gene 之核苷酸相同度 (identity) 高達 99.1% (圖 5)，其胺基酸相似度 (similarity) 為 98.8% (圖 6)，但與其他鳳梨萎凋病毒病原相異。

表現 CP gene 蛋白：收集 CP gene 的表現蛋白進行 SDS-PAGE 電泳分析。結果 5、8 及 15 等三個轉殖株比對照 pET28b (+) 多出一個約為 27 kDa 之條帶 (圖 7)，即為表現 CP gene 蛋白。

CP gene 表現蛋白經家兔免疫注射製備血清

將上述細菌表達之病毒 CP gene 表現蛋白以注射家兔方式，產生專一性抗血清。並將所獲得之抗血清 (共約 30 mL)，分別以 1 mL 為單位裝瓶並在 -20℃ 下保存，以供日後使用。

西方轉漬分析以測試抗體專一性

將轉殖株所生產的病毒 CP gene 表現蛋白與 Pa1 植株組織液經含有 1% SDS 的 12% polyacrylamide 電泳分離後，其病毒鞘蛋分子量與病毒 CP gene 表現蛋白皆約為 27 kDa (圖 8A)，且在轉漬於硝化纖維膜後，與前述以表現蛋白所製備之抗體反應，在 27 kDa 處產生紫色之反應帶 (圖 8B)。

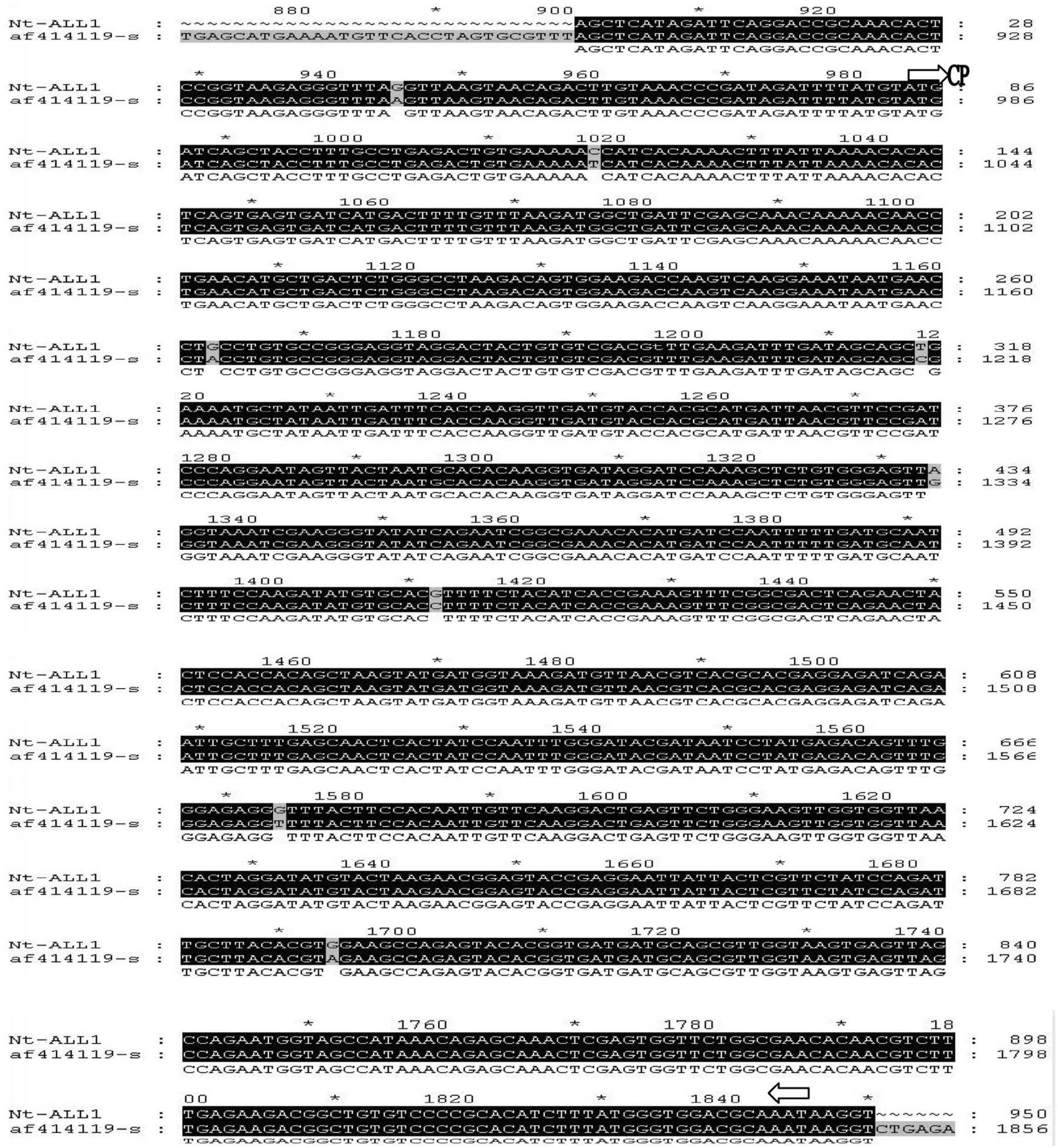


圖 5. 鳳梨萎凋病株 (Pa1) 上病毒 CP gene (NT-ALL1) 與 PMWaV-1 (af414119) 鞘蛋白基因核苷酸序列之併列分析。

Fig. 5. Alignment of CP gene (NT-ALL1) nucleotide sequence of virus on infected plant (Pa1) with *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1 (af414119). (The CP open reading frame is indicated by the white arrows. The consensus sequence was shown on bottom.)

圖 6. 鳳梨萎凋病株 (Pa1) 上病毒 CP gene (NT-ALL1) 與 PMWaV-1 (af414119) 鞘蛋白胺基酸序列之併列序列分析。

Fig. 6. Alignment of CP gene (NT-ALL1) amino acid sequence of virus on infected plant (Pa1) with *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1 (af414119). (The CP region is indicated by the white arrows. The consensus sequence was shown on bottom.)

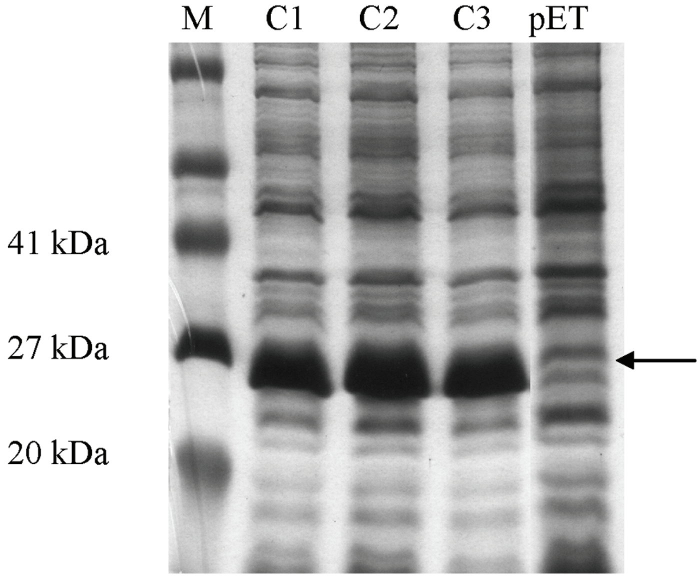


圖 7. 應用 SDS-PAGE 分析鳳梨萎凋病株 (Pa1) 上病毒 CP gene 之表現蛋白。M：分子量標示蛋白；C1、C2 及 C3：自三個不同轉殖株表現蛋白。pET: pET28b (+) 載體箭頭所指即重組病毒鞘蛋白所在位置。

Fig. 7 Analyses of expressed protein of CP gene of virus on infected plant (Pa1) by SDS-polyacrylamide gel electrophoresis. (Line M is standard markers for molecular weights, lines C1, C2 and C3 are expressed protein of CP gene of virus on infected plant (Pa1). Line pET is expressed protein of vector pET28 (+) without CP gene insersion. The arrow indicates the location of expressed protein subunit of CP gene.)

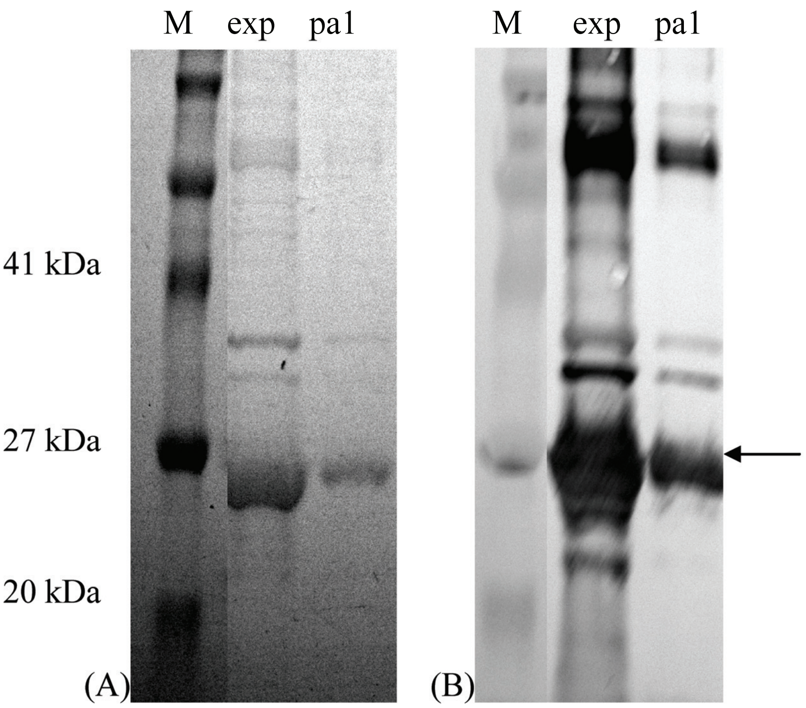


圖 8. 鳳梨萎凋病株 (Pa1) 上病毒 CP gene 表現蛋白抗體與鳳梨萎凋病株 (Pa1) 上病毒反應之專一性。(A) SDS-PAGE 電泳圖；(B) 西方轉漬分析。M：分子量標示蛋白；exp：CP gene 表現蛋白；pa1：病毒鞘蛋白。箭頭所指即表現蛋白所在位置。

Fig. 8. Specificity of antiserum against expressed protein of CP gene of virus on infected plant (Pa1) reacted with coat protein of virus on infected plant (Pa1) determined by Western blot. (Line M is standard markers for molecular weights, line exp is expressed protein of CP gene of virus on infected plant (Pa1) and pa1 is coat protein of virus on infected plant (Pa1). Part A is the result of SDS-polyacrylamide gel electrophoresis and B is Western blot. The arrow indicates the location of expressed protein subunit of cp gene.)

討 論

據先前研究指出粉介殼蟲引起的鳳梨萎凋病的病徵包括葉尖枯萎、葉片變紅及葉緣往下捲、幼葉及老葉呈現萎凋，其病徵發展與 *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-2 (PMWaV-2) 及鳳梨粉介殼蟲存在有關。因此，認為 PMWaV-2 及鳳梨粉介殼蟲是引起鳳梨萎凋病的二個因素 (Sether & Hu 2000)。若沒有鳳梨粉介殼蟲存在下，即使鳳梨被 PMWaV-1 及 PMWaV-2 複合感染也不會有萎凋病的病徵。反之，當鳳梨被 PMWaV-1 單獨感染並且有鳳梨粉介殼蟲存在下，萎凋病的病徵不會發展。只有在鳳梨被 PMWaV-2 感染並且有鳳梨粉介殼蟲存在下，萎凋病的病徵才會發展。文中更進一步指出典型鳳梨萎凋病的病徵是在當 PMWaV-2 被以 RT-PCR 方式檢測出後的 4-7 wks 內便會發生。如果沒有 PMWaV-2 存在下，即使被鳳梨粉介殼蟲危害超過 10 個月，鳳梨也不會有萎凋病

的病徵發生 (Sether & Hu 2002)。然而，在彰化縣發生萎凋病的鳳梨植株，吾等以 PMWaV-1 及 PMWaV-2 專一性引子對，利用 RT-PCR 方式去檢測，沒有發現 PMWaV-2 存在，但仍然有鳳梨嫡粉介殼蟲及螞蟻存在。其間的差異，可能性如以下：(1) 台灣沒有 PMWaV-2 病毒，並且萎凋病的病徵發生不需 PMWaV-2 病毒的協力；(2) 台灣 PMWaV-2 病毒的核酸序列與國外的差異大，導致 PMWaV-2 專一性引子與之無法配對；(3) 台灣鳳梨萎凋病病徵的發展需要 PMWaV-2 病毒的協力，但採樣時，植株體內 PMWaV-2 病毒量甚低；(4) 有其他不明物質或生物體，與 PMWaV-1 病毒協力，使得萎凋病的病徵發生不需 PMWaV-2 病毒的存在。(5) 台灣地區所栽植的鳳梨品種 (台農 2 號)、或是栽培方法與環境因子使其對於 PMWaV-1 的感病性較強而呈現病徵。總之，台灣地區鳳梨萎凋病是否需要 PMWaV-2 病毒的協力，仍需進一步探討。

PMWaV-1 在鳳梨病株的分佈主要是在維管束組織。因此，以病株組織當純化材料時，若組織絞碎不完全，篩管組織的病毒不易溶入緩衝液中。而鳳梨病株組織材料較健康組織部位質地堅韌，不易絞碎完全。所以較無法獲得高量的病毒濃度，如何有效提高純化病毒濃度，有待進一步探討。

台灣鳳梨萎凋病病原之 CP gene 序列與 2006 年 Melzer, M. J 在 GenBank 上登錄的核苷酸序列進行比對，得知與 *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1 (PMWaV-1) (Access No. AF414119 complete cds) 的鞘蛋白基因之核苷酸相同度高達 99.1%，而其胺基酸相似度爲 98.8%。由此可知，二者的親緣關係極接近，甚至可能出自同一個來源。

鳳梨通常利用裔芽、吸芽、較粗的塊莖芽、或老莖切塊等方式栽植，母株感染的病毒可經由無性繁殖傳入子代，造成子代幼苗就成爲帶毒的植株 (Sether & Hu 2001)，影響日後植株生長及病勢的擴散，帶毒的吸芽等繁殖體傳更可在人爲操作下極易到處傳播，在此情形下更突顯健康鳳梨繁殖體在病害管理方面的重要性。而本研究所製備之 PMWaV-1 專一性抗血清不但在病原學鑑定研究之用，尚可篩檢健康鳳梨繁殖體，不僅能防止病害的蔓延，又可增加植株的健康與產量。

誌　　謝

本試驗承本所應動組陳助理研究員淑佩小姐及翁振宇先生在嫡粉介殼蟲種類的鑑定及林玫珠小姐從旁協助，一併致上衷心謝忱。

引用文獻 (Literature Cited)

Borroto, E. G., M. Cintra, J. Gonzalez, C. Borroto, and P. Oramas. 1998. First report of closterovirus-like particle associated with pineapple plants (*Ananas comosus* cv. Smooth Cayenne) affected with pineapple mealybug wilt in Cuba. Plant Dis. 82:263 (Note)

Chang, C. C. 1991. The Taiwanese pineapple future development trend. p.373-377. *in*: Fruit Production, Research and Research in Taiwan. Agric. Res. Inst. Pub. Chia-Yi. (in Chinese with English abstract)

Chen, C. C., T. Hsiang, F. L. Chiang, and C. A. Chang. 2002. Molecular characterization of *Tuberose mild mosaic virus* and preparation of its antiserum to the coat protein expressed in bacteria. Bot. Bull. Acad. Sin. 43:13-20.

Christie, S. R., J. R. Edwardson, and F. W. Zettler. 1968. Characterizaton and electron microscopy of a virus isolated from *Bidens* and *Lepidium*. Plant Dis. 52:763-768.

Cseke, J. L., B. P. Kaufman, K. G. Podila, and C. J. Tsai. 2004. *In Vivo* Immunization of Mice with the Purified Antigen. p.114. *in:* Molecular and Cellular Methods in Biology and Medicine. 2nd ed. CRC Press. New York Washington, D. C. USA.

Dijkstra, J. and C. P. de Jager. 1998. UV light absorption. p.277-284. *in*: Practical Plant Virology: Protocols and Exercises. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg New York.

Gooderham, K. 1984. Transfer techniques in protein blotting. p.165-178. *in*: Methods in Molecular Biology Vol. 1. (J. M. Walker, ed.) Humana Press. Clifton, New Jersey.

Hall, C. E. 1964. Electron microscopy: principles and application to virus research. p.253-266. *in*: Plant virology. (Corbett, M. K. and H. D. Sisler, eds.) Univ. Florida Press. Gainesville.

Hu, J. S., D. M. Sether, and D. E. Ullman. 1996. Detection of pineapple closterovirus in pineapple plants and mealybugs using monoclonal antibodies. Plant Pathol. 45:829-836.

Lin, C. C. and S. F. Tsai. 2001. The review of the prevention of Taiwan pineapple disease and control method currently. p.31-36. *in* the Proceeding of the Symposium on Taiwan Pineapple Species and the Disease Management. Agric. Res. Inst. Pub. Fong Shan, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Melzer, M. J., A. V. Karasev, D. M. Sether, and J. S. Hu. 2001. Nucleotide sequence, genome organization and phylogenetic analysis of pineapple mealybug wilt-associated virus-2. J. Gen. Virol. 82:1-7.

Milne, R. G. and E. Luisoni. 1977. Rapid immune electron microscopy of virus preparations. Method Virol 6:265-281.

Perez, E. P., D. M. Sether, M. J. Melzer, J. L. Busto, J. S. Hu, and C. Nagai. 2006. Characterization and control of pineapple mealybug wilt associated Ampeloviruses. Acta Hortic. 702:23-27.

Rohrbach, K. C., J. W. Beardsley, T. L. GermN, N. J. Reimer, and K. G. Sanford. 1988. Mealybug wilt, mealybug, and ants on pineapple. Plant Dis. 72:558-564.

Sether, D. M. and J. S. Hu. 2000. A closterovirus and mealybug exposure are both necessary components for mealybug wilt of pineapple symptom induction. Phytopathology 90 (suppl.): S71. (Abstract)

Sether, D. M. and J. S. Hu. 2001. The impact of pineapple mealybug wilt-associated virus-1 and reduced irrigation on pineapple yield. Aust. Plant Pathol. 30:31-36.

Sether, D. M. and J. S. Hu. 2002. Closterovirus infection and mealybug exposure are necessary for the development of mealybug wilt of pineapple disease. Phytopathology 92:928-935.

Sun, S. K., H. S. Li, and H. S. Chien. 1953. The investigation report of pineapple wilt disease on central Taiwan. Taiwan Agri. For. 7(2):33-36.

Tao, C. C. 1989. Scales insects name list of Taiwan, Republic of China. Bull. Taichung DAIS 22:57-70.

Wakman, W., D. S. Teakle, J. E.Thomas, and R. G. Dietzgen. 1995. Presence of a clostero-like virus and a bacilliform virus in pineapple plants in Australia. Aust. J. Agric. Res. 46:947-958.

The Preliminary Identification of *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1 on Pineapple in Taiwan[1]

Jye-Yann Liao[2], Chung-Ci Hu[3], Chin-An Chang[2], and Ting-Chin Deng[2,4]

Abstract

Liao, J. Y., C. C. Hu, C. A. Chang, and T. C. Deng. 2008. The preliminary identification of *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1 on pineapple in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 57:1-14.

A naturally infected pineapple (*Ananas comosus*) sample (Pa1) was collected from major pineapple-growing area in Sheto and Ershui, Changhua County, Central Taiwan. The diseased plant showed typical symptoms of tip dieback, reddening and downward curling of leaf margins, and early stages of green bumps on leaves. The fruits of pineapple were infested with mealybug (*Dysmicoccus brevipes*) and sooty mold. By electron microscopic observation, immunosorbent electron microscopy, coat protein electrophoresis, Western blot analysis, and nucleotide sequencing, the virus was identified as an isolate of *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1 (PMWaV-1). Electron microscopic observations of diseased tissues revealed the presence of flexuous-shaped virus particles, 1250-1300 × 12-15 nm in dimension. The virus consisting of coat protein subunit with an estimated molecular weight of 27 kDa was found. The 783 3'-terminal nucleotides of this virus were sequenced and compared with corresponding sequences of PMWaV-1 (Access No. AF414119) listed in public databases. We found that this virus is most closely related to the PMWaV-1 with nucleotide and amino acid sequence similarities of 99.1% and 98.4%, respectively. The coat protein (CP) gene was further cloned into the vector pET28b (+), then used to express proteins in *Escherichia coli* BL21 (DE3) and to produce specific antiserum for future diagnostic purposes. In Western blot, the prepared antiserum reacted with the expressed protein of CP gene and PMWaV-1 antigens in infected pineapple plant. This is the first report of detection and identification of PMWaV-1 associated with infected *Ananas comosus* in Taiwan.

Key words: *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1 , CP gene, Expressed protein, Sequence comparison.

---

1. Contribution No.2308 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 26, 2007.
2. Respectively, Assistant Researcher, Researcher and Head, Researcher, Plant Pathology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Professor, Graduate Institute of Biotechnology National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.
4. Corresponding author, e-mail: tcde@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23338162.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 57(1):15-32 (2008)

火鶴花自動肥灌與遠端即時監控系統之研究 [1]

陸龍虎[2] 蔡致榮[2,5] 向為民[3] 徐武煥[2] 莊耿彰[4]

摘　要

陸龍虎、蔡致榮、向爲民、徐武煥、莊耿彰。2008。火鶴花自動肥灌與遠端即時監控系統之研究。台灣農業研究 57:15-32。

本研究旨在建立一套火鶴花自動肥灌與遠端即時監控系統，讓經營管理者從遙遠的異地遂行火鶴花栽培的遠端即時監控，以節省人工、降低生產管理成本、提高產品品質、促進產業升級及增進花卉外銷之競爭力。建構完成之系統以自動肥灌控制設備及球形攝影機為主幹，分別藉由串列設備伺服器與影像傳輸伺服器，將資訊與視訊傳至無線寬頻路由器，藉由無線電波傳輸至無線網路收發器/橋接器與網頁伺服器，最後透過區域網路與網際網路進行火鶴花自動肥灌與遠端即時監控管理。整套系統經由測試與實際運作效果良好，除可應用於火鶴花自動肥灌遠端監控管理外，亦可供其他花卉或高經濟作物栽培管理用。

關鍵詞：火鶴花、自動肥灌、遠端監控、即時。

前　言

隨著網際網路及無線資訊傳輸技術的蓬勃發展，以及相關產品之日趨便宜，使得遠端監控技術的應用更爲實際與廣泛，舉凡保全、教學、醫療、電力、交通運輸、視訊會議、住宅社區、辦公室、物流與倉儲管理等均見其使用身影，在農業上的應用，除水產養殖遠端監控管理外，以農業設施栽培之應用最爲可行並具發展潛力，如設施內蔬菜生產遠端監控管理，以及以光譜影像遙測技術爲基礎，針對溫室開發多功能監測系統，對溫室內種苗植株進行遙測光譜影像及環境因子擷取，最後透過無線網路經 DataSocket 傳輸至溫室可變率噴灑系統，以作爲噴水模式之依據…等溫室遠端監控之研究 (Chen *et al.* 2007)，而本文即爲在溫/網室火鶴自動施肥與灌溉的應用實例。國外雖有成功展示以個別肥料元素供給方式電腦肥灌之例子 (Lee *et al.* 2000; Prenger *et al.* 2001)，惟目前國內溫/網室火鶴花的肥培管理並未見提升，雖有部分農友嘗試利用葉上噴灌設施進行葉面施肥，同時兼用

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2309 號。接受日期：97 年 1 月 10 日。
2. 本所農工組副研究員、研究員兼組長、助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所農化組研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 本所花卉中心副研究員兼主任。台灣 雲林縣 古坑鄉。
5. 通訊作者，電子郵件：jrtsay@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23325144。

為噴水灌溉，然而灌溉水中的礦物質成分會殘留在花朵上形成白色斑點，因此有業者為求改善葉面施肥所使用之水源，以增加設備來降低水源中鹽分的含量，並將灌溉與施肥分開行之，即以噴灌設施進行葉面施肥而以葉下噴灌的方式進行灌溉給水，舉凡此類粗放式的肥培管理仍不夠細膩並欠缺精準控制，無法使切花的產量與品質提升。為此，本研究於火鶴設施栽培期間導入自動化肥灌管理，並整合自動化技術與遠端監控技術，建立一套火鶴花自動肥灌與遠端即時監控系統，讓經營管理者可從遙遠的異地觀看現場的即時畫面，並經由資訊與視訊的快速傳遞，精準且即時的遂行火鶴花栽培的遠端即時監控管理，以節省人工、降低生產管理成本、提高產品品質、促進產業升級及增進花卉外銷之競爭力。

材料與方法

試驗設備

試驗所需硬體設備主要包括作業平台、肥灌監控與即時影像監視三部份：

作業平台部份：以置放於溫網室控制室的 ACPI Multiprocessor PC 型網頁伺服器 (Web server) 為主體，透過 ASUS WL-320 g 型無線網路收發/橋接器 (Wireless access point/bridge) 連接上本所花卉中心的網際網路系統而提供相關伺服作業；而在火鶴栽培網室端則以 ASUS WL-520g 型無線寬頻路由器 (Wireless router) 連接上花卉中心的網際網路系統而提供現場相關設備 [含方便現場作業之 ASUS 筆記型電腦 (Note book)] 之網路連線作業。

肥灌監控部分：以 AutoGrow NDⅡb 型養液供給控制器 (Fertigation controller) [包含環境感測器 (Environment sensors) 與養液感測器 (Nutrient sensors)] 為主體，透過 MOXA NPort 5110 型串列設備伺服器 (Serial device server) 連結網際網路而進行肥灌監控。以 SHOWFOU GOA-N 型進水泵 (Water-filling pump) 與 IRRITROL 205MT 型進水電磁閥 (Water-filling solenoid valve) 配合 Amiad 1"T 型進水過濾器 (Water-filling filter) 控制進水、SHOWFOU SP212 型混合攪拌肥灌泵 (Mixing and fertigation pump) 與 RAIN BIRD 200 PGA-B 型混合攪拌電磁控制閥 (Mixing control valve) 控制攪拌，其需配合 SHOWFOU CVQ-0512 型 A 與 B 液泵 (Nutrient pump for A and B nutrients)、SIRAI D132V20 型注 A 與 B 液電磁閥 (Dosing solenoid valve for A and B nutrients)，以及 ROTARY TYPE PERISTALTIC 型酸/鹼泵 (Dosing pump for acid) 進行養液之調配，最後再以 RAIN BIRD 200 PGA-B 型肥灌電磁控制閥 (Fertigation control valve) 配合 Amiad 2"T 型肥灌過濾器 (Fertigation filter) 控制肥灌，而以 GAU YEU 1009-A 型微噴嘴 (Microspray nozzle) 進行微噴灌作業。其他尚包括 HCG 19.05 mm 與 25.4 mm 浮球式水位控制器 (High level switch)、電極式水位控制器 (Low level switch)、Shihlin Electric 2p30A 與 3p30A 無熔絲開關 (No fuse breaker)、Shihlin Electric SP16 與 SP11 交流接觸器 (Contactor) 及 OMRON MK2P-I 繼電器 (Relay) 等。

即時影像監視部分：以 DENTEC SDS627 型球形攝影機 (Speed dome) 為主體，透過 MOXA TCC-1201 型中繼器 (Repeater) 的訊號增強後再以 DENTEC SV-201SD 型影像傳輸伺服器 (Web cam server) 連結上網際網路而進行即時影像監視，為防避雷擊影響另裝有 DITEK DTK-PVP27B 型攝影機突波保護器 (Fixed camera surge protector) 與 DITEK DTK-8FF 型電源突波保護器 (Power surge protector)。

使用軟體

除網頁伺服主機所需系統軟體與 Internet Explorer 外，本研究使用之軟體包括肥灌軟體 Compu Grow (3.06 版，Autogrow System, Ltd.) 與遠端遙控軟體遙控王 for Browser (4.53C 版，一加一科技公司)。

供試材料與試驗地點

供試材料包括火鶴花、肥料、五金零件與鐵材，試驗地點在雲林縣古坑鄉農業試驗所花卉中心溫網室 (固定式遮光率 70%外遮光網 + 遮光率 50%內遮光網 + 遮光率 10%保溫塑膠布)。火鶴係以 W 型保麗龍栽培槽栽培，介質以椰殼碎片爲主，栽種品種計有 President (總統)、TARI-298 (農試所自選品種) 與 Tropical (邱比特)，並分 3 區種植，每區設置 W 型栽培槽 5-6 排、每排有 13 個 W 型栽培槽、每槽種植 8 株 (株距約 24 cm)。

試驗設計及資料分析

系統之建構與運作：建構火鶴花肥灌管路、自動肥灌控制系統及遠端即時監控系統，並進行測試與實際運作。

火鶴肥灌養液管控與結果分析：進行肥灌養液的管控，以及試區灌溉水質、葉片養分含量與栽培介質變化的試驗結果分析。

葉片 (植體) 養分含量分析係採集火鶴花的新成熟葉片數片，使用蒸餾水清洗後，於烘箱以 70℃乾燥 48 hrs 隨即進行研磨成粉，並取樣品執行分解淬取。分解採用酸 (硫酸 + 30% H_2O_2) 分解 (Acid digestion) 法，取樣品精秤 0.2000 g (± 0.0003g) + 3 mL 36 N H_2SO_4 靜置一晚，置於分解爐中加熱。加熱條件爲：(1) 100℃ 1 hr；(2) 慢慢升溫至 320-340℃ 2 hrs (加熱至 170℃-250℃時須靜觀分解管加熱變化，以防止內容物外洩)；(3) 取出放冷，加入 3 mL 的 H_2O_2，再置於分解爐中以 280℃加熱至溶液呈無色狀 (約 40 mins 若顏色呈黃色則酌量再加 H_2O_2 至溶液呈無色)；(4) 取出放冷 (約半小時)，加水至 75 mL，搖動使之均勻。測定方法係以 ALPKEM 320 型自動分析儀進行氮含量測定 (氮-植體氮經酸分解後以 NH_4^+的形態存在於酸分解液中，利用 NH_4^+在水楊酸鈉、硝普鈉及次氯酸鈉的鹼性緩衝溶液下顯色行爲，用 660 nm 波長，以吸光法測定其濃度)，並以 Jobin Yvon Ultima-C 型感應耦合電漿發射光譜儀 (Inductively Coupled Plasma Spectrometer) 測定磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅與鋅之含量。至於硼之含量則採用稀鹽酸淬取 (Dilute acid extract) 法，取植體樣品 0.5000 g (± 0.0003 g) + 25 mL 1 N HCl 靜置 48 hrs 後，使用 2 號濾紙過濾，以 Jobin Yvon Ultima-C 型感應耦合電漿發射光譜儀 (ICP) 測定之。

栽培介質變化 (介質溶液) 分析係採用水飽和淬取 (Saturated Medium Extract, SME) 法，自火鶴植床取樣約 500 mL 體積量之介質，添加去離子水混拌，添水量恰至水飽和程度 (介質表面呈現水光澤)，靜置 1.5 hrs 待平衡後，使用真空過濾器抽取水飽和介質溶液。測定方法係以鉑電極電導度計測定介質溶液之 EC 值，以玻璃電極酸鹼度計測定介質溶液之 pH 值。

試區水質分析係取約 600 mL 之灌溉水爲樣品，於現地以鉑電極電導度計及玻璃電極酸鹼度計分別測定 EC 與 pH；樣品並於當日送回實驗室，立即以 ALPKEM 320 型自動分析儀及 Agilent 7500 ce 型感應耦合電漿發射光譜儀 (ICP) 分別進行氮含量與相關元素之含量測定。

結　果

火鶴自動肥灌控制系統之架構

目前常用之肥灌 (fertigation) 類型主要區分為大量桶系統 (bulk tank system) 與噴注系統 (injector system) 兩大類，而噴注系統又可分為 Venturi 定比噴注器 (Venturi bypass injector or proportional injector)、正向位移計量幫浦 (Metering pumps) 與液壓驅動定比噴注器 (Hydraulic proportional injector) 三種 (Tsay *et al.* 2003)。本研究以大量桶系統 (bulk tank system) 為藍本，順利建立完成火鶴自動肥灌控制系統，架構如圖 1 所示，主要係由養液供給控制器、環境感測器 (含溫度、濕度及光量感測器)、養液感測器 (含 EC、pH 及液溫感測器)、儲水桶 (1000 L，含 19.05 mm 水位控制器與 25.4 mm 出水球閥各 1 只)、A 液桶 (1000 L，含 25.4 mm 出水球閥及 19.05 mm 排放球閥，以及 25.4 mm 回水與調節用球閥各 1 只)、B 液桶 (1000 L，含 25.4 mm 出水球閥及 19.05 mm 排放球閥，以及 25.4 mm 回水與調節用球閥各 1 只)、酸液桶 (500 L，含 25.4 mm 排放球閥 1 只)、混合攪拌桶 (300 L，含 25.4 mm 水位控制器、50.8 mm 出水球閥與 25.4 mm 排放球閥，以及 50.8 mm 回水與調節用球閥各 1 只)、進水加壓泵 (SHOWFOU GOA-N 型)、A 與 B 液泵 (SHOWFOU CVQ-0512 型)、混合攪拌肥灌泵 (SHOWFOU SP212 型)、酸/鹼液泵 (KNIGHT PERISTALTIC 型)、混合攪拌電磁控制閥 (RAIN BIRD 200 PGA-B 型) 3 只、肥灌電磁控制閥 (型式與混合攪拌電磁控制閥相同)、進水電磁閥 (IRRITROL 205MT 型)、注 A 液電磁閥 (SIRAI D132V20 型)、注 B 液電磁閥 (型式與注 A 液電磁閥相同)、進水過濾器 (Amiad 1"T 型)、肥灌過濾器 (Amiad 2"T 型)、壓力錶 (0-600kPa) 與低水位繼電器 3 只 (防止混合攪拌桶、A 液與 B 液桶等馬達空轉乾抽) 等組成。

系統係以養液供給控制器為核心，依據光量感測器量測所得的累積日照量 (光量子數)，同步自動控制進水、注母液 (A 液與 B 液)、注酸液、混合攪拌、養液 EC 與 pH 值調配等動作，待達到所需設定值 (EC 與 pH 值或混合攪拌時間) 時始進行肥灌。其養液供給動作分析如下：

進水動作：控制器依設定，自動啓動進水加壓泵與進水電磁閥，清水由 1000 L 之儲水桶，依序經 25.4 mm 出水球閥 (常開)、過濾器、進水加壓泵、進水電磁閥與浮球式水位控制器而送入混合桶，直至混合桶滿水觸動浮球停止進水。

注 A 或 B 液動作：控制器依設定，自動啓動 A 或 B 液泵與 A 或 B 液電磁閥，A 或 B 液由 1000 L A 或 B 液桶，依序經 25.4 mm 出水球閥 (常開)、A 或 B 液泵、回水球閥 (常開，部份 A 或 B 液送回 A 或 B 液桶)、A 或 B 液電磁閥與過濾器，最後送入混合桶 (調節球閥常閉，視需要手動調整)。

注酸液動作：控制器依設定，自動啓動控制器內建繼電器與酸液泵 (酸液泵設定為每隔 1 min 作動 2 secs)，酸液由 500 L 之酸液桶，藉由酸液泵自動吸取酸液送入混合桶。

混合攪拌動作：控制器依設定，自動啓動混合攪拌肥灌泵與混合攪拌電磁控制閥，將送入容量 300 L 混合桶之水、A 液、B 液與酸液予以混合和攪拌，並將混合桶之混合液藉由混合攪拌肥灌泵送出，部份混合液經 50.8 mm 回水閥 (常開)，部份經取樣盒內之液溫、EC 與 pH 感測器進行量測，部份經混合攪拌電磁控制閥，最後全部混合液匯回混合桶而且不斷循環，以進行養液 EC 與 pH 值調配動作。

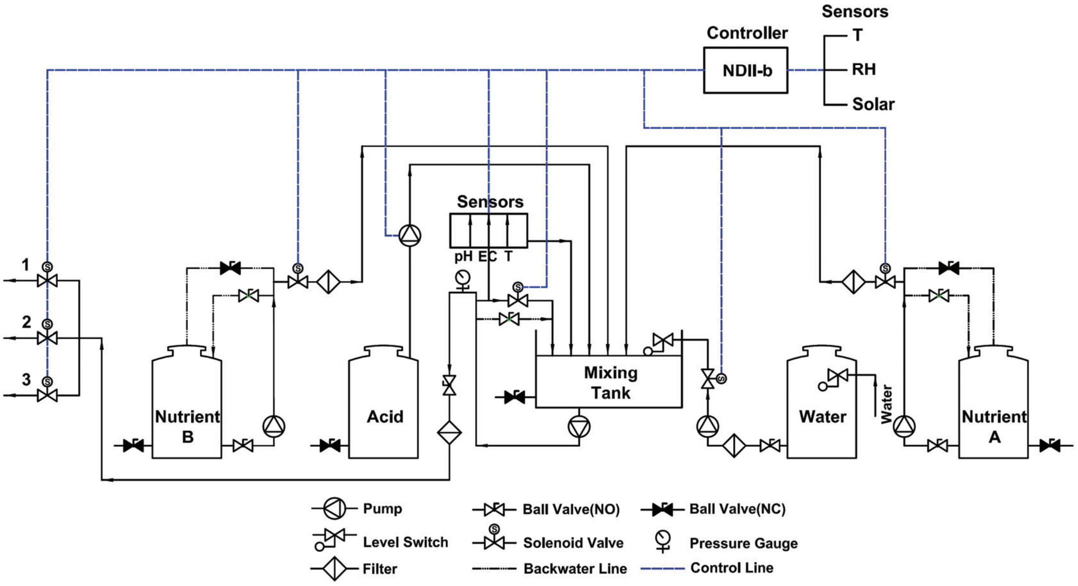


圖 1. 大量桶/批次攪拌式肥灌控制系統架構（上）與實況（下）。

Fig. 1. Bulk tank type fertigation control system- schematic diagram (above) and on-site view (below).

養液 EC 與 pH 值調配動作：持續啓動打開混合攪拌肥灌泵與混合攪拌電磁控制閥 (此時肥灌電磁控制閥呈關閉狀態)，混合桶之混合液持續藉由混合攪拌肥灌泵送出，部份混合液經 50.8 mm 回水閥 (常開) 送回、部份經取樣盒內之液溫、EC 與 pH 感測器進行量測後送回、部份經混合攪拌電磁控制閥送回，倘混合桶之混合液 EC 與 pH 值未達設定值則混合攪拌肥灌泵、混合攪拌電磁控制閥、A 液泵、B 液泵與 A 液、B 液電磁閥持續打開並將 A 液、B 液繼續加入混合桶直至所需濃度 (EC 設定值)；pH 值則利用取樣盒內之酸鹼度感測器量測，倘混合液之 pH 未達設定值則由酸液泵持續自動吸取酸液桶之酸液送入混合桶內調整，直待養液 EC 與 pH 值或混合攪拌時間達到所需設定值時始自動關閉混合攪拌電磁控制閥，以便進行後續的肥灌動作。

肥灌動作：啓動肥灌電磁控制閥 (混合攪拌肥灌泵持續啓動，混合攪拌電磁控制閥關閉) 將調配好之混合養液藉由混合攪拌肥灌泵送出，小部份混合液經 50.8 mm 回水球閥 (常開) 與取樣盒內之液溫、EC 與 pH 感測器送回、大部份混合液經壓力表、50.8 mm 調整球閥 (常開，視需要手動調整)、過濾器至肥灌電磁控制閥送出以進行肥灌動作。

火鶴自動肥灌管路配置

目前常見用於火鶴施肥與灌溉的管理方式，計有葉上噴灌液肥兼灌溉、葉上噴灌液肥和葉下灌溉分行、葉上噴灌水和葉下施用長效型粒狀固體肥料分行及葉下滴灌液肥兼灌溉等，本研究係針對火鶴現有栽培系統 (即以椰殼碎片為主要生產介質、W 型栽培槽為栽培容器)，利用自動肥灌進行養液栽培管理，且採行施肥兼灌溉的管理方式 (fertigation) 進行葉下微噴灌液肥兼灌溉，取代一般固體肥料或是葉面施肥。目前已完成微噴灌式肥灌管路配置如圖 2 所示，主要由主管 (管徑 50.8 mm PVC 管)、支管 (管徑 25.4 mm PVC 管) 與微噴嘴等組成，主管以管徑 50.8 mm PVC 管承接從混合攪拌肥灌泵經過濾器之肥灌養液，中途分別經 3 只肥灌區肥灌電磁控制閥，分 3 路直至各試區 (3 個試區) 之 W 型栽培槽前頭下方與置於各栽培槽中央上方的支管前端進水口銜接，每試區分別安置 5-6 排 W 型栽培槽，其上分別安裝 5-6 道支管，且於每一支管上每隔約 25-30 cm 鑿 3.3 mm 孔，用以固定散射式塑膠微噴嘴 [型號：GAU YEU 1009-A 型、安裝高度 0 (貼近管路上表面)、噴灑角度 90° × 90°]，每區之 5-6 道支管末端設有方便洗管排液方開啓使用之 1 只球閥 (常閉、25.4 mm) 形成封閉的肥灌管路，以進行肥灌作業。

用水量規劃係依據每區種植之 W 型槽數計算，本試驗共設置三區，第一區種植 66 槽 (6 排 × 11 槽/排)，第二區種植 78 槽 (6 排 × 13 槽/排)，第三區種植 65 槽 (5 排 × 13 槽/排)，以第二區種植 78 槽 (6 排 × 13 槽/排) 為例，每槽支管上設置微噴嘴 3 個，共安置微噴嘴 234 個 (78 槽 × 3 個/槽)，每一微噴嘴實際出水量為 0.4 L/min (作業壓力 1 kg/cm^2)，因滴 (肥) 灌量之設定值為 1 min 20 secs，所以每次灌溉總出水量約為 128 L/80 secs (0.55 L/80 secs × 234 個)，而該區種植火鶴花 624 株 (6 排 × 13 槽 × 8 株/槽)，故每株每次養液供給量約為 0.2L (128 L/624 株)。

火鶴自動肥灌遠端即時監控系統之建構

建構完成之自動肥灌遠端即時監控系統整體架構如圖 3 所示，系統包含資訊監控與視訊監視。資訊監制係以可接溫度、溼度、電導度、酸鹼度與光量等感測器的養液供給控制器為主幹，藉由 RS485 轉 RS232 之 PC 連線器將資料訊號傳至串列設備伺服器，再以 IEEE802.3 通訊標準的 10/100 BaseT 傳輸媒介將訊號傳至無線寬頻路由器，透過 IEEE802.11 b/g 通訊標準的無線電波 (RF) 傳輸

媒介將訊號傳至無線網路收發/橋接器與網頁伺服器，最後透過區域網路 (LAN) 或網際網路 (Internet) 進行火鶴花自動肥灌與監控。而視訊監視則由可 PTZ (Pan/Tilt/Zoom) 控制之球形攝影機將影像訊號經由中繼器 (Repeater) 將影像訊號增強與延伸傳送距離，並以 RS485 傳輸媒介將影像訊號傳至影像傳輸伺服器進行壓縮與運算處理，再以 IEEE802.3 通訊標準的 10/100 BaseT 傳輸媒介將訊號傳至無線寬頻路由器，同樣透過 IEEE802.11 b/g 通訊標準的無線電波傳輸媒介將訊號傳至無線網路收發/橋接器與網頁伺服器，最後透過區域網路及網際網路進行火鶴花自動肥灌栽培管理之監視。

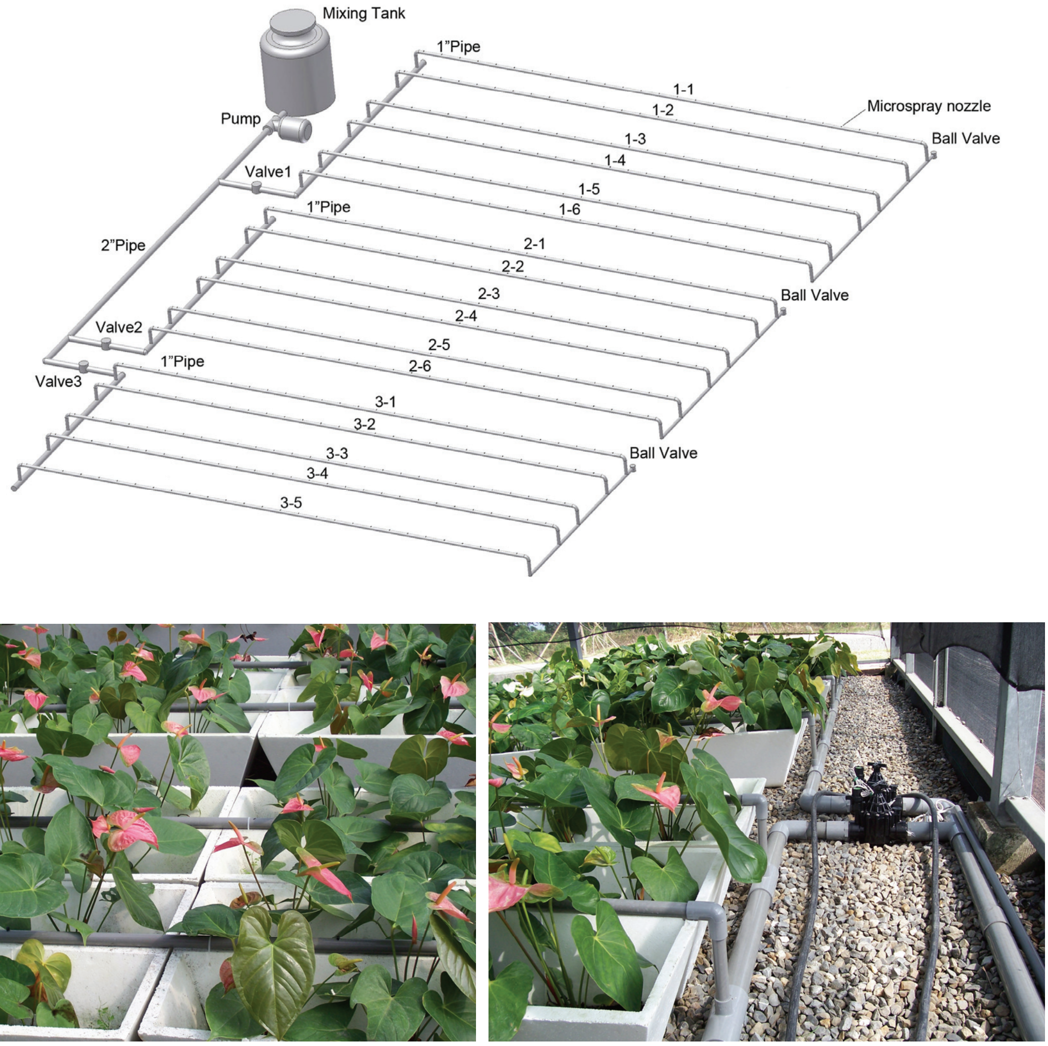
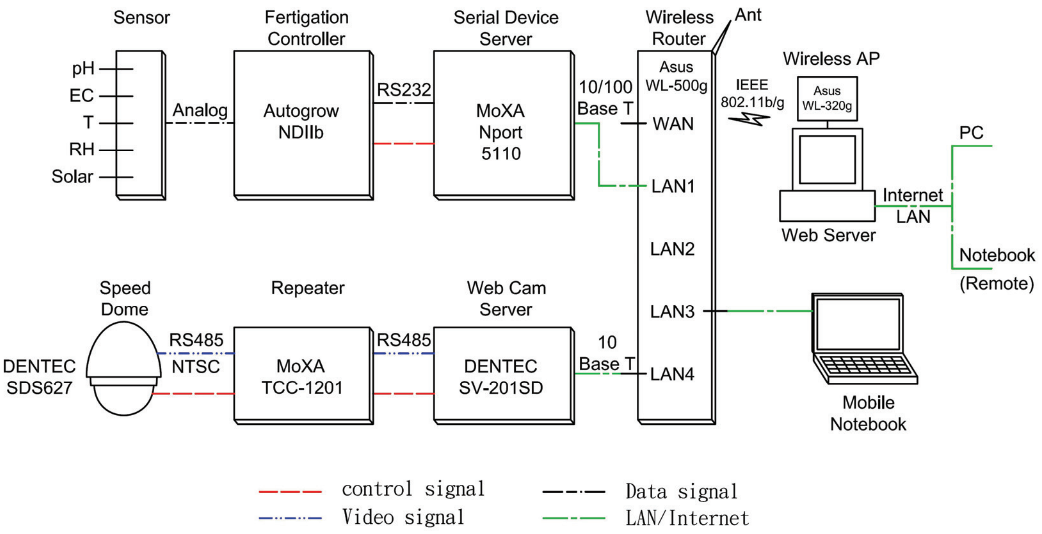


圖 2. 肥灌管路配置 (上) 與實況 (下)。

Fig. 2. Pipeline arrangement of fertigation system- layout (above) and on-site view (below).



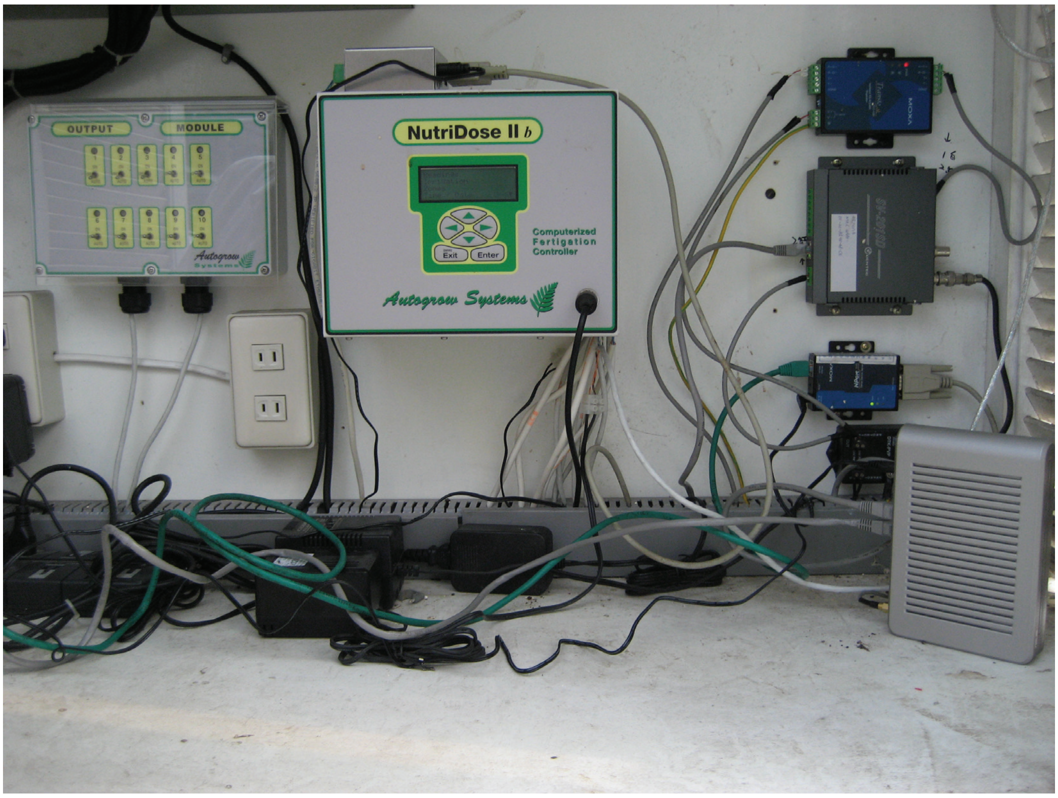


圖 3. 自動肥灌遠端即時監控系統架構（上）與控制平台實況（下）。

Fig. 3. Automated fertigation and remote monitoring control system for anthurium flowers- schematic diagram (above) and on-site view of control platform (below).

簡而言之，建構完成之自動肥灌遠端即時監控系統係以自動肥灌控制器及球形攝影機爲主幹，分別以串列設備伺服器與影像傳輸伺服器 (接有中繼器)，將資訊與視訊傳至無線寬頻路由器，再藉由無線電波傳輸至無線網路收發/橋接器與網頁伺服器 (內含肥灌軟體、遙控軟體)，並透過區域網路或網際網路遠端的個人電腦或筆記型電腦，藉著 Microsoft Internet Explorer 開啓指定給網頁伺服器或影像傳輸伺服器的 IP 位址，進行火鶴花自動肥灌遠端即時監視與監控管理。

火鶴自動肥灌控制與管路系統之運作

本系統係以養液供給控制器爲核心，於進行控制器的安裝、接線與於網頁伺服器安裝肥灌軟體後，進行系統設備設定、一般設定與肥 (滴) 灌區 (Irrigation Zone) 設定。系統 (設備) 設定含控制器之名稱、位址、機型之設定與動作之勾選儲存；一般設定主要含母液 (A、B 液) 之噴注時間、酸/鹼液之噴注時間、噴注間隔、進水時間及攪拌時間等之設定如圖 4 (上) 所示，肥灌區設定含灌溉量 (以時間計) 、發動值 (觸動肥灌之累積日照量設定值)、光積值 (實際累積日照量)、各肥灌區之 EC、pH 設定值之設定，以及肥 (滴) 灌與噴注動作之勾選如圖 4 (下) 所示，當然亦可設定定時灌水，惟非目前討論之項目。完成設定後進行系統之測試運作，以圖 4 (下) 爲例，觸發啓動肥灌係依據光量感測器量測所得的累積日照量 (光量子數)，待達到所需設定值 (三區累積日照量分別爲 2 mols、2 mols 與 1.6 mols) 時始進行肥灌，程式可改變累積日照量之設定值自動控制肥灌時間點與施灌頻率。自動肥灌 (養液供給) 控制系統可進行每日肥灌次數之調節，圖 5 (上) 即呈現肥灌控制器於 96 年 11 月 6 日之肥灌控制情形。圖中每次肥灌等待時間線 (3、6、7 線) 歸零重新計數，代表系統於該時間開始肥灌動作 (進水、注入母液與酸、攪拌，以及微噴灌)，圖 5 (上) 顯示共有 2 次肥灌作業，2 次微噴灌則是因第一區與第二區之日照累積量分別達 2 mols 而驅動，EC/pH 控制精準度可由圖中 EC/pH 值與對應設定值 (突起方波狀曲線) 之比較而得知均在 1.1/6.0 附近，另外亦可將歷史資料匯出至 Microsoft Excel 作後續之處理分析，如圖 5 (下) 所示可清楚看出於 11 月 6 日 10:35:52 AM 啓動第一次肥灌 (當日當時之室內光累積值爲 0.07 mols)。

遙控軟體之安裝測試

目前可供應用之遠端遙控軟體有 VNC、Radmin 及遙控王等 40 幾種之多，可區分成安裝於主控制端電腦與受控制端電腦兩種，本研究的遠端監 (遙) 控作業之達成係在距溫網室 50 m 端網頁伺服器 (受控端電腦) 上裝設遙控王 for Browser 軟體，而在遠端 (主控端) 則無其他軟體之安裝，完全藉著 Microsoft Internet Explorer 或 Mozilla Firefox 分別開啓指定給受控端的網頁伺服器與影像伺服器使用之 IP 位址如圖 6 (上)，隨即鍵入使用者帳號與密碼即可進行相關遠端遙控作業，經測試可順利進行遙控溫網室網頁伺服器執行 Compu Grow 軟體進行溫網室自動肥灌作業之操作、遙控操作 Compu Grow 之同時以影像伺服軟體即時監視溫網室狀況 [如圖 6 (下) 所示]，以及遠端遙控操作檔案傳輸等作業，其除成功完成遠端遙控操作外，並可增進遠端操作者對溫室操作現況之充分掌握，更方便遠端操作者對相關歷史資料之即時擷取與在遠端進行相關設定的改變操作。

自動肥灌遠端即時監控系統之運作

完成串列設備伺服器與無線寬頻路由器之設定後，進行自動肥灌遠端即時監控系統測試與運作，系統係以光量感測器所取得之數據經由肥灌控制器進行處理，並藉由串列設備伺服器傳至無線寬頻路由器、無線網路收發/橋接器與網頁伺服器 (內含肥灌軟體、遙控軟體)，透過區域網路或

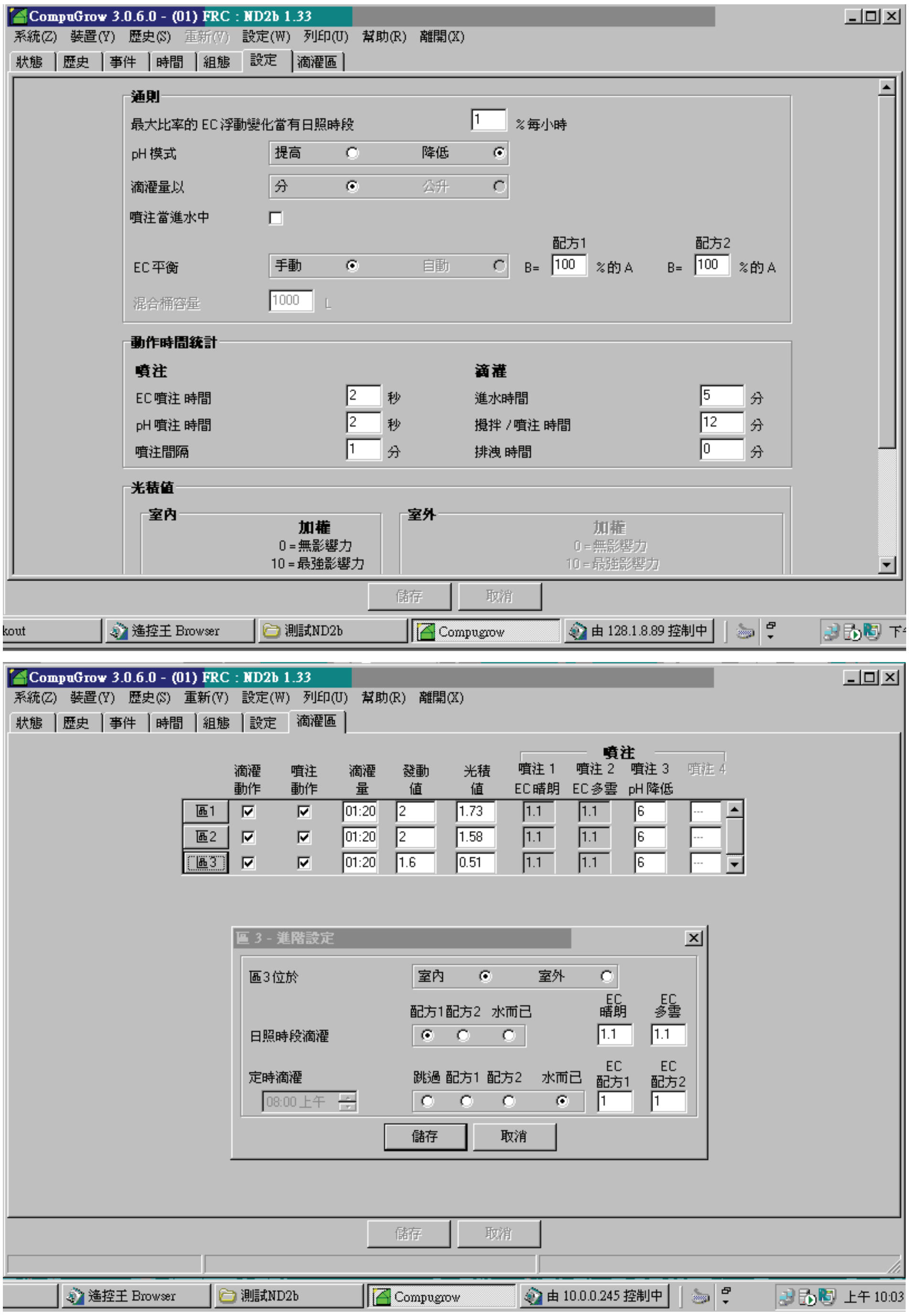
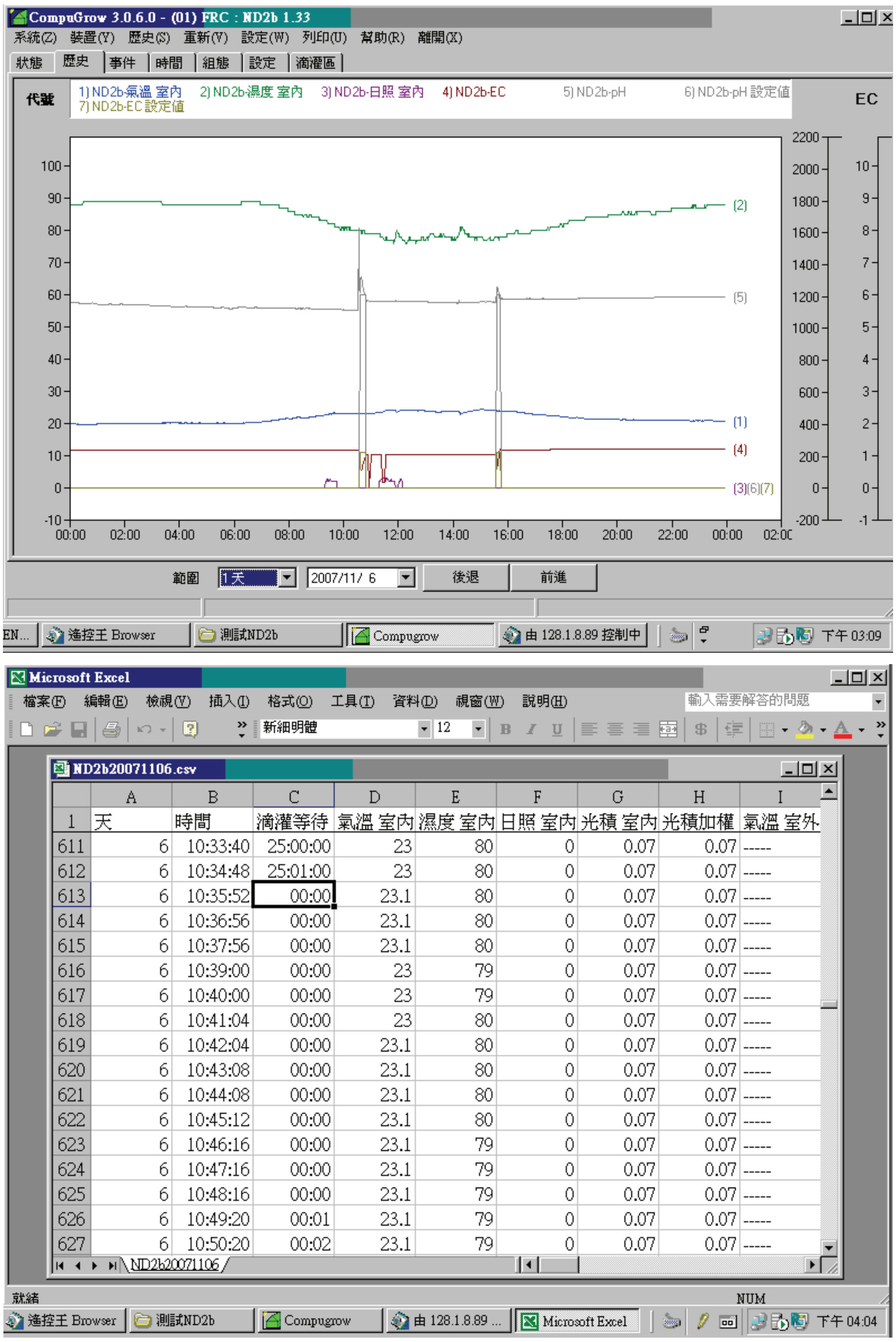


圖 4. 母液、酸液之噴注時間與進水和攪拌時間（上）及肥灌參數值（下）之設定實況。

Fig. 4. Settings of fertigation controller (above) and irrigation zones (below).



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	天	時間	滴灌等待	氣溫 室內	濕度 室內	日照 室內	光積 室內	光積加權	氣溫 室外
611	6	10:33:40	25:00:00	23	80	0	0.07	0.07	-----
612	6	10:34:48	25:01:00	23	80	0	0.07	0.07	-----
613	6	10:35:52	00:00	23.1	80	0	0.07	0.07	-----
614	6	10:36:56	00:00	23.1	80	0	0.07	0.07	-----
615	6	10:37:56	00:00	23.1	80	0	0.07	0.07	-----
616	6	10:39:00	00:00	23	79	0	0.07	0.07	-----
617	6	10:40:00	00:00	23	79	0	0.07	0.07	-----
618	6	10:41:04	00:00	23	80	0	0.07	0.07	-----
619	6	10:42:04	00:00	23.1	80	0	0.07	0.07	-----
620	6	10:43:08	00:00	23.1	80	0	0.07	0.07	-----
621	6	10:44:08	00:00	23.1	80	0	0.07	0.07	-----
622	6	10:45:12	00:00	23.1	80	0	0.07	0.07	-----
623	6	10:46:16	00:00	23.1	79	0	0.07	0.07	-----
624	6	10:47:16	00:00	23.1	79	0	0.07	0.07	-----
625	6	10:48:16	00:00	23.1	79	0	0.07	0.07	-----
626	6	10:49:20	00:01	23.1	79	0	0.07	0.07	-----
627	6	10:50:20	00:02	23.1	79	0	0.07	0.07	-----

圖 5. NDIIb 於 96.11.6 日之肥灌控制情形（上）與資料之匯出（下）。

Fig. 5. History plot (above) and exported Excel datasheet (below) of NDIIb fertigation control case on Nov. 6, 2007.

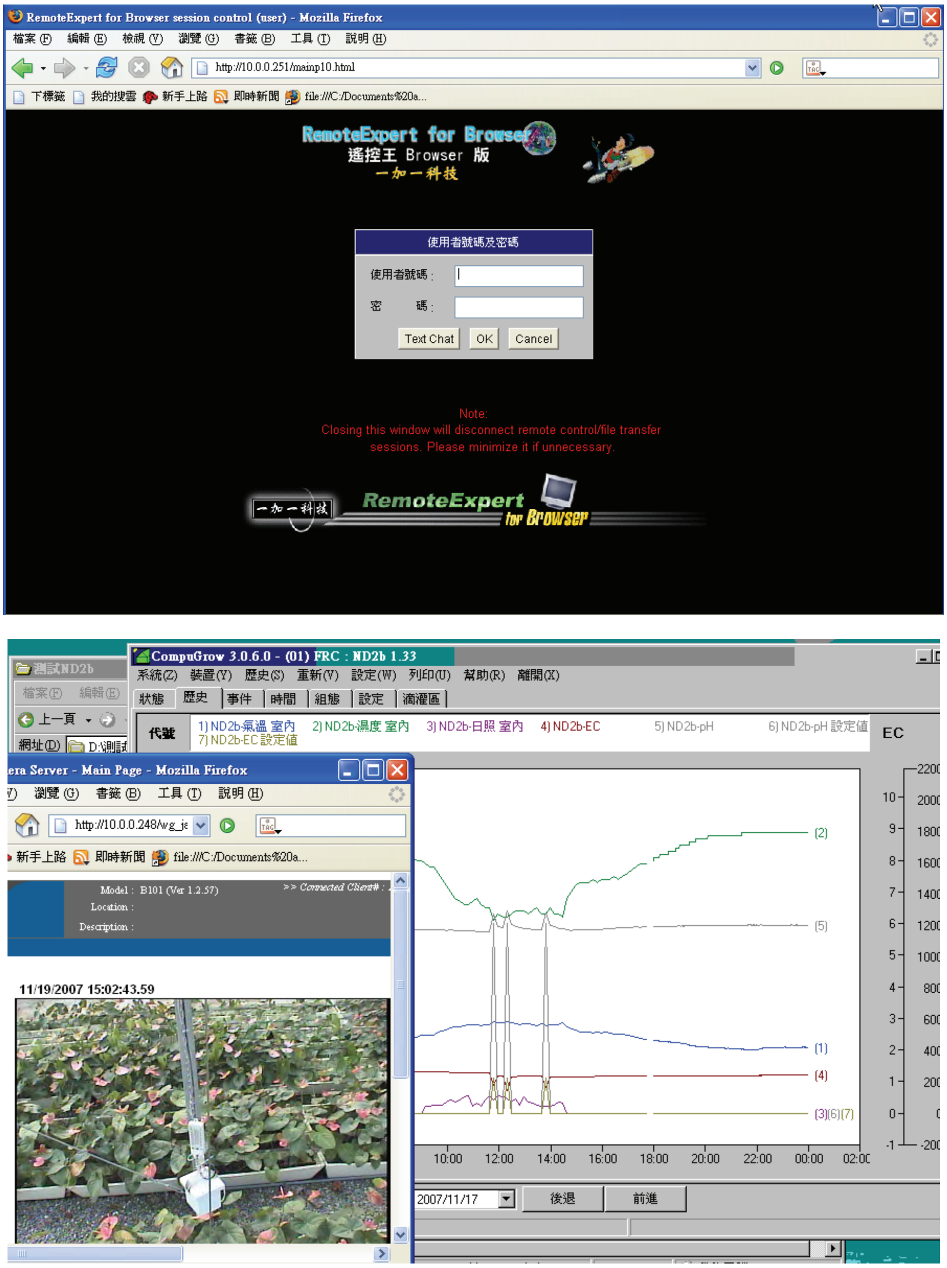


圖 6. 使用遙控王軟體作遠端遙控之連結畫面 (上) 與遠端遙控操作 CompuGrow 之同時即時監視溫室狀況 (下)。

Fig. 6. Connection window of the used remote control software (above) and the screenshot showing real-time monitoring of greenhouse conditions and remote operating of the used remote control software was conducted at the same time (below).

網際網路遠端的個人電腦或筆記型電腦，進行火鶴花自動肥灌遠端即時監控。系統經安裝、設定與測試可透過無線區域網路或網際網路正常傳送即時資訊，遠端觀看者透過遠端的個人電腦或筆記型電腦，在無需安裝其他軟體情形下，藉著 Microsoft Internet Explorer 開啓指定給網頁伺服器 (受控端電腦) 使用之 IP 位址，即可進行肥灌即時監控與設定之更改 (含動作時間和肥灌區相關參數等)。

影像視訊遠端即時監視系統之運作

完成影像傳輸伺服器與無線寬頻路由器之設定後，進行影像視訊遠端即時監控系統測試與運作，系統係以球形攝影機所攝取之影像經由影像傳輸伺服器進行處理，並傳至無線寬頻路由器、無線網路收發/橋接器，透過區域網路或網際網路遠端的個人電腦或筆記型電腦，進行火鶴花自動肥灌遠端即時監視。設備經安裝、設定與測試可透過無線區域網路與網際網路正常傳送即時影像，遠端觀看者透過遠端的個人電腦或筆記型電腦，在無需安裝其他軟體情形下，藉著 Microsoft Internet Explorer 開啓指定給影像傳輸伺服器使用之 IP 位址，透過影像傳輸伺服器預設觀視介面即可進行即時監視，如圖 7 所示其係本試驗栽種火鶴花之即時監視畫面，其右側之十字型控制面板 (PTZ 控制) 乃供觀看者控制球形攝影機鏡頭轉動、傾斜與焦距之操控介面。

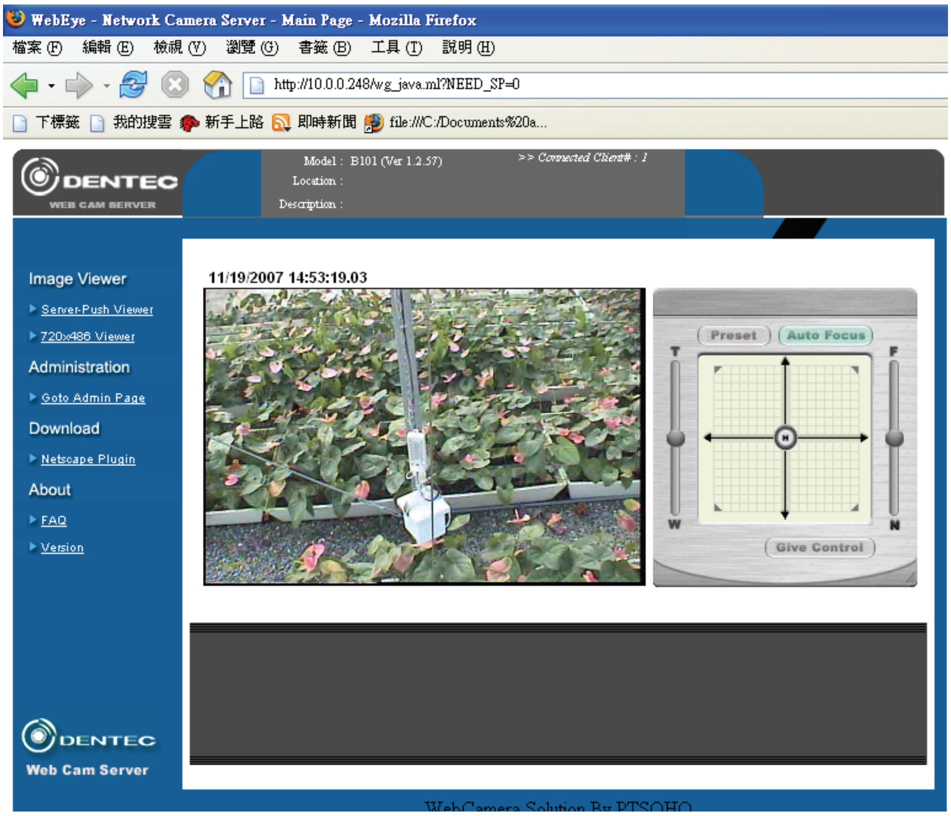


圖 7. 使用預設觀視介面即時監視試驗栽種之火鶴花。

Fig. 7. Real time video images of the cultured anthuriums via the default viewer.

火鶴肥灌養液管控與結果分析

試驗係以建立完成之自動肥灌系統進行火鶴自動養液栽培管理，並將自行研發之配方養液均勻混入灌溉水中，供給作物 (火鶴) 生長需用。試驗中除進行試區灌溉水質分析外，並針對養液配方、肥灌養液管控，以及葉片養分含量與栽培介質變化等進行試驗與分析，以期建立火鶴花養液栽培管理模式。茲將試驗結果列述於下：

試區灌溉水質分析：試區位於雲林古坑花卉中心，其灌溉水質為地下水，經檢測分析結果 pH 值為 7.8、EC 值為 0.4 ms/cm、鈣含量 52 ppm、鎂含量 14 ppm、鈉含量為 12 ppm、鋁含量 0.0128 ppm、鉻含量 0.0012 ppm、鎳含量 0.0023 ppm、銅含量 0.0223 ppm、鋅含量 0.2804 ppm、鉛含量 0.0016 ppm、砷、鎘與汞未偵測到，水質良好。

營養液之儲存液：營養液之調配係依據水質成分核算，儲存液每 100 L 含氮 725 g、磷 265 g、鉀 1715 g、鈣 1980 g、鎂 225 g 及其他必需之微量元素，為避免磷與鈣混合會產生沉澱，儲存液區分為 A 液 [氮 + 鈣 (硝酸鈣) + EDTA 鐵] 與 B 液 [磷 (磷酸一鉀) + 鉀 (氯化鉀) + 鎂 + 硫 + 微量元素]，儲存液之 pH 值以鹽酸調低至 2.0 以利長時間儲存使用；酸液為 5%磷酸係供系統自動吸取，用以調整肥灌養液之 pH 值。

肥灌養液管控：試區內肥灌觸發啓動之日照累積值設定為 1.6-2 mols [溫網室遮光率約 85-87%，範圍 0-2000 μmol/m^2/s (光源範圍波長 400-700 nm 陽光下 1 μmol/m^2/s = 55.6 Lux, 1W/m^2 = 250 Lux)]，每當日照量累計達設定值時就開始進行肥灌動作，而肥灌時間設定為 1 min 20 secs (每一噴頭置於株間其肥灌量約 0.4 L/min，作業壓力 1 kg/cm^2)，養液供應之 EC 及 pH 設定值分別為 1.1 與 6.0。經試驗全生育期 pH 值維持在 6.0 至 6.5 之間，EC 介於 1.1 至 1.2 之間，其由肥灌控制系統自動控制，利用電導度計監測與回饋 EC 值，直接吸取儲存液稀釋至所需濃度；pH 值則利用酸鹼度計監測，由系統自動吸取磷酸調整。

葉片養分含量分析：植物生長所需之營養素含碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂與硫等 9 種巨量元素 (單位%)，以及鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬與氯等 7 種微量元素 (單位 ppm)，除二氧化碳由葉部的光合作用獲取外，其餘由根部介質獲取。因此葉片養分含量分析資料，除可作為養液配方調整比對之依據外，亦可成為診斷火鶴花產量之重要指標 (參考值)，據研究指出葉片氮素含量介於 1.5 至 2.0 之間、磷素含量介於 0.15 至 0.30 之間、鉀素含量介於 1.5 至 2.0 之間、鈣含量介於 1.29 至 1.62 之間，以及火鶴鎂素含量介於 0.72 至 0.99 之間，花產量最高；然而，受品種不同影響，也會有改變 (Higaki *et al.* 1992)。本研究經採樣 (新成熟葉片) 分析結果顯示植體養分含量分析資料為：葉養分含量氮 1.68%、磷 0.19%、鉀 3.45%、鈣 1.17%、鎂 0.45%、鐵 62 ppm、錳 119 ppm、銅 9.63 ppm、鋅 48 ppm 與硼 46 ppm；梗養分含量氮 0.54%、磷 0.14%、鉀 3.58%、鈣 1.37%、鎂 0.28%、鐵 46 ppm、錳 33 ppm、銅 8.99 ppm、鋅 120 ppm 與硼 103 ppm (濃度 1% = 10000 ppm)。

栽培介質變化分析：根據研究指出理想的火鶴介質 pH 值在 5.2-6.2 之間，最適合之 pH 值為 5.7，因火鶴對鹽類的反應較為敏感，對植株生育及切花產量而言理想的介質 EC 值約在 0.6-1.2 ds/m (ms/cm) 之間。本研究火鶴介質以椰殼碎片 (pH 約為 5.5，EC 約為 1.2 ms/cm) 為主，養液之 EC 值控制在 1.0 至 1.2 ms/cm 之間，pH 維持在 6.0 至 6.5 之間，介質栽培 2 年已經呈現酸化，3 個灌溉區之介質飽和抽出液之 pH 分別為 5.2、4.7 以及 4.3。介質鹽分累積現象發生在第二灌區，飽和

抽出液之 EC 達 2.60 ms/cm (或 ds/m)，另兩區 EC 分別爲 1.45 與 1.2 ms/cm，經以低濃度養液施灌洗鹽，分別降低爲 0.62、0.43 以及 0.54 ms/cm。

討　論

本研究係結合火鶴產業栽培管理技術、自動化肥灌管理技術、即時視訊與遠端遙控技術，整合肥灌控制設備、視訊設備、網路中介設備、電腦設備與相關軟體等，進行規畫並建構一套可供花卉產業使用之自動肥灌遠端即時監控系統。其對火鶴肥灌養液進行管控、檢驗與效果分析，以期建立標準作業模式供栽培業者參考。

目前整套系統已建構完成，肥灌控制系統之架構 (如圖 1 所示) 以光量感測器所測得的日照累積量 (光子數量) 決定肥灌的養液供給控制器 (NDⅡb) 爲核心，有別於以定時器 (Timer)、張力計 (Tension meter) 或水份感測器 (Moisture sensor) 等決定施肥或灌溉，著重 EC 與 pH 的精準控制、及時肥灌與減低環境污染。管路系統之配置 (如圖 2 所示) 採用介於噴灌與滴灌之間的微噴灌方式，並以散射式微噴嘴進行肥灌作業，著眼於節水、省肥與花朵品質提升。自動肥灌控制與管路系統之運作，採三區輪流肥灌 (非同步)，於 1 kg/cm^2 作業壓力下每次每區灌溉總出水量約爲 128 L/80 sec (0.547 L/80sec × 234 個)，而肥灌泵最大出水量爲 450 L/min，肥灌電磁控制閥流量 200-567 L/min (可調)，經測試運作正常符合原設計功能，可自動控制養液混合桶的 EC/pH，每區可設定不同 EC/pH 與滴 (肥) 灌量，並可依光量感測值自動調節每日肥灌次數，除可依滴 (肥) 灌時間長短之設定決定滴 (肥) 灌量外，亦可將灌肥與灌水動作分開設定之，經運作微噴嘴未見阻塞發生，並可連續記錄肥灌與栽培區微氣候資訊。

遠端即時監控與監視系統之建構與運作 (如圖 3 所示)，硬體以肥灌控制器、攝影機及網路中介設備爲主軸，於網頁伺服器內安裝肥灌軟體與遙控王 for Browser 軟體，遠端 (主控端) 則無需安裝其他額外軟體，祇要透過區域網路或網際網路遠端的個人電腦或筆記型電腦，藉著 Microsoft Internet Explorer 開啓指定給網頁伺服器或影像傳輸伺服器的 IP 位址 (但 XP 作業系統建議使用 Mozilla FireFOX 瀏覽器)，就可進行火鶴花自動肥灌遠端即時監視與監控管理。由於使用 Java 遙控核心可跨越不同作業平台，隨時隨地可利用就近之電腦，達到真正之行動遙控，經測試與運作符合預期，監控效果良好，惟無線寬頻路由器與電源變壓器曾受落雷突波侵襲而停止運作，宜設法改善以求避免。

肥灌養液管控方面，首重試區水質的檢測分析，調配養液之水質其 EC 值介於 0.5-1.0 ms/cm、鈣 40-80 ppm 與鈉小於 23 ppm 均可接受，惟不能含有過量之汞 (Hg)、鉛 (Pb) 與砷 (As) 等重金屬或過多之鈣 (Ca)、鎂 (Mg) 與鐵 (Fe)，氯成分亦不宜超過 35 ppm；本研究試區水質經分析結果顯示其 pH 值爲 7.8、EC 值爲 0.4 ms/cm (自來水 EC 值爲 0.55-0.8 ms/cm、pH 值爲 5.8-8.5)、鈣含量 52 ppm、鎂含量 14 ppm、鈉含量爲 12 ppm、重金屬含量極低，水質良好，惟對火鶴栽培而言，水質除 pH 值與 EC 值需調整外，鈣、鎂供應量於養液調配時應列入計算考慮項目。自動肥灌試驗時養液供應之設定 EC 爲 1.1、pH 爲 6.0，經試驗全生育期 pH 值維持在 6.0 至 6.5 之間，EC 介於 1.1 至 1.2 之間，而 N、P 與 K 濃度約爲 34 ppm、13 ppm 與 82 ppm，試驗期間採集火鶴的新成熟葉片進行葉片養分含量分析，其結果與前人研究資料 (Higaki *et al.* 1992) 比對顯示，鉀素含量偏高，鈣、

鎂含量偏低，Ca/K、Mg/K 分別爲 0.34 與 0.13 遠低於 0.5 至 1.0 範圍，其使用之配方還有調整空間，宜調整養液配方降低鉀素含量，提高鈣鎂含量及灌溉水中碳酸根之含量，以提升火鶴切花產量。而養液控制是否適當，可由栽培介質之變化分析窺究一二，本研究栽培 2 年介質已經呈現酸化，3 個灌溉區之介質飽和抽出液之 pH 分別爲 5.2、4.7 以及 4.3，顯然低於原介質 pH 值 (5.5)；養液之 EC 維持在 1.0 至 1.2 ds/m 之間，而介質鹽分累積現象發生在第二灌區，飽和抽出液之 EC 值達 2.60 ms/cm，另兩區 EC 分別爲 1.45 與 1.22 ms/cm，顯然高於原介質 EC 值 (1.2 ds/m)，經以低濃度養液施灌洗鹽，分別降低爲 0.62、0.43 以及 0.54 ds/m。之所以會發生栽培介質化性劣變 (酸化與鹽積) 可能因爲受到養液緩衝能量之不足與火鶴肥灌頻率 [依設定 (1.6-2 mols) 每天啓動肥灌養液 1-2 次，每次 1 min 20 secs，未啓動灌水洗鹽] 過高致介質分解產酸等多因子之影響，肥灌頻率過高除容易引起介質分解過快之現象發生外，也會導致滲漏損失，故爲免除栽培介質劣化現象發生，宜調整肥灌頻率降低用肥量；建議 11 月至次年 4 月使用本自動肥灌系統進行作業時可設定每隔 1 天啓動灌肥 1 次 (每次 1 min 20 secs)，5-10 月則設定每天啓動灌肥 1 次 (每次 1 min 20 secs)，施肥操作之監測除定期進行水質、葉片與介質的檢測分析外，並輔以排放監測器於肥灌後從栽培槽底部收集排出液 (排放液 EC 超過 1.5 ms/cm 表示介質已鹽化) 檢測分析 pH、EC 值與介質的含水率，以便及時調整肥灌策略與求出理想的肥料配方，進而進行後續的切花產量 (每株火鶴之年切花產量) 與品質 (含苞片長度、寬度與切花長度) 比較試驗，以找出火鶴栽栽培之最佳化作業條件。

總之，本研究已成功的整合相關技術與設備，建立一套溫網室自動肥灌遠端即時監控系統，經試驗與運作評估證實肥灌性能、遠端即時監控與即時監視狀況良好，使設施 (溫/網室) 栽培管理達到「操作者坐臥家中，設施內狀況與控制盡在彈指之間」之境界，可謂先進更具方便性之溫室管理模式，除應用於火鶴花自動肥灌遠端監控管理外，亦可供花卉或其他高經濟作物栽培管理用。由於網路攝影機與影像伺服器的整合日趨精進，可預見本遠端即時監視系統之網路中介設備未來尚有大幅簡化的空間，本研究經驗得知系統最好備有不斷電系統 (UPS)，並應強化雷擊防護，除電源、變壓器、電子設備、網路中介設備與視訊設備等必須有落雷突波防護設計外，網路訊號突波防護亦應一併考慮設置，並注意預防網路病毒侵入，以確保系統可長期順利運作。

誌　　謝

本研究承蒙行政院農業委員會 94 農科-6.1.2-農-C1 計畫補助經費，以及王焜瑜先生、農化組葉明智先生、花卉中心王啓源先生、本組柯平福先生、簡文章先生、魏阿娟小姐協助試驗始得以完成，謹此誌謝。

引用文獻 (Literature cited)

Chen, S., K. Hsieh, Y. Huang, L. Yang, C. Chen, H. Lu, C. Chang, H. Lin, Y. Chen, and C. Chen. 2007. Automation on precision cultivation and remote control for greenhouse production. p.64-75. *in* the Proceeding of 2007 Symposium on Applications of Information Technology in Agriculture of Taiwan Agriculture Information Technology Association Pub. Taipei, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Higaki, T., J. S. Imarura, and R. E. Paull. 1992. N, P, K rate and leaf tissue standards for optimum *Anthurium andraeanum* flower production. HortScience 27(8):909-912.

Lee, I. B., P. Fynn, and T. Short. 2000. Development and evaluation of a computer-controlled fertigation system. Appl. Eng. Agric. 16(3):279-284.

Prenger, J. J., R. C. Hansen, C. Glynn, and D. A. Herms. 2001. Computer-controlled delivery of five levels of nutrients to container-grown willow. ASAE Paper No. 01-8013. St. Joseph, MI: ASAE.

Tsay, J., W. Shyu, W. Hsiang, L. Liang, L. Lu, G. Chang, C. Sheng, K. Hsieh, and Y. Huang. 2003. A digital environment control and fertigation systerm integrated with wireless LAN and Real Time video images. p.210-215. *in* the Proceeding of 2003 Symposium on Applications of Information Technology in Agriculture of Taiwan Agriculture Information Technology Association Pub. Taipei, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Studies on Automated Fertigation and Remote Monitoring Control System for Anthurium Flowers [1]

Lung-Hu Lu[2], Jyh-Rong Tsay[2,5], Wei-Ming Hsiang[3], Wu-Huann Shyu[2], and Keng-Chang Chuang[4]

Abstract

Lu, L. H., J. R. Tsay, W. M. Hsiang, W. H. Shyu, and K. C. Chuang. 2008. Studies on automated fertigation and remote monitoring control system for anthurium flowers. J. Taiwan Agric. Res. 57:15-32.

The objective of this study is to establish an automated fertigation and remote monitoring control system for anthurium flowers. With purposes to enhance quality of products, to reduce labor requirement and production management cost, and to upgrade competition ability of the industry, the developed system is expected to help the proprietors of anthurium cultivation fulfill automated fertigation and real-time monitoring control at a far away place. Based on an automated fertigation controller and an internet camera with a speed dome, the established system could transmit information and video images through a serial device server and a web cam server respectively to internet network, thus facilitating the automated fertigation, real-time video monitoring and control of anthurium cultivation remotely. Results from tests proved that the developed system behaves well and meets the proposed goal. It could be utilized in automated fertigation and remote monitoring management for not only anthurium, but also other flowers and high value crops.

Key words: Anthurium, Automated fertigation, Remote monitoring control system, Real time.

---

1. Contribution No.2309 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: January 10, 2008.
2. Respectively, Associate Researcher, Senior Engineer and Director, Assistant Researcher, Agricultural Engineering Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Senior Researcher, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Associate Researcher and Director, Floricultural Research Center, ARI, KuKeng, YunLin, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: jrtsay@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23325144.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 57(1):33-48 (2008)

甘藷花青素與多酚含量之研究[1]

鄭統隆[2] 施怡如[2] 曾東海[2] 賴永昌[3] 吳明哲[2, 4]

摘 要

鄭統隆、施怡如、曾東海、賴永昌、吳明哲。2008。甘藷花青素與多酚含量之研究。台灣農業研究。57:33-48。

甘藷 (*Ipomea batatas*) 之不同品種具有豐富之色彩，其花青素組成份及抗氧化能力值得開發研究。試驗結果得知紫紅色系之藷皮及藷肉均有花青素之合成，花青素之種類有紫紅色的矢車菊素 (cyanidin) 及紅色的芍藥素 (peonidin)，顏色愈深花青素含量愈高，但台農 73 號藷皮及藷肉之花青素含量均比芋心甘藷低。烘乾藷皮及藷肉之花青素含量比冷凍乾燥大幅減少，但冷凍乾燥及烘乾會比新鮮材料分別提高 10 倍及 3-5 倍之抗氧化能力。花青素含量與抗氧化能力無正相關存在，而與總酚含量呈正相關，但大幅提高花青素含量，對甘藷抗氧化能力有幫助，更可豐富甘藷色彩，增進甘藷多樣性利用，所得結果可供新品種紫肉甘藷台農 73 號之利用及未來育種方向參考。

關鍵詞：甘藷、花青素、多酚、抗氧化活性。

前 言

農產品及蔬果中所含之植物化學物質 (phytochemical)，如花青素、類胡蘿蔔素、類黃酮或其他的酚類化合物 (polyphenols)，具有很強的抗氧化能力，可以降低慢性疾病的發生，如心血管疾病、癌症等 (Ames *et al*. 1993)。

花青素屬於多酚類化合物，基本結構為 C_6-C_3-C_6，會因所帶的羥基數目、羥基甲基化程度及糖基化數目、種類與連接位置等差異而反映出不同的顏色 (Chiu ＆ Fan 1998)。自然界的花青素主要有紫紅色的矢車菊素 (cyanidin)、橘紅色的天竺葵素 (pelargonidin)、藍紫色的飛燕草素 (delphinidin)、紅色的芍藥素 (peonidin)、紫色的矮牽牛素 (petunidin) 及深紫色的錦葵素 (malvidin) (Chiu ＆ Fan 1998)，除了提供植物不同顏色外，可應用於食品工業的天然著色劑 (Bridle ＆ Timberlake 1997)，並具有較強的抗氧化能力，可以抑制脂質過氧化，抵抗自由基的攻擊，還可降低 LDL (低密度膽固醇) 及減少心血管疾病 (Tsuda *et al*. 1996; Wang *et al*. 1997)，值得開發利用。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2910 號。接受日期：97 年 3 月 12 日。
2. 本所生技組副研究員、約用助理、副研究員、研究員兼組長。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所嘉義農業試驗分所農藝系副研究員兼系主任。台灣 嘉義市。
4. 通訊作者，電子郵件：wu@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

甘藷 (*Ipomea batatas*) 又名地瓜、番藷、山芋，屬於旋花科植物，早期主要爲食用及飼料用，後來飼料用途逐漸被玉米取代，栽培面積大幅縮減。近年來人們在注重養生保健的情形下，發現甘藷塊根除了含有澱粉、脂肪和蛋白質外，還含有豐富的膳食纖維、礦物質、維生素及抗氧化物，如多酚、花青素、維生素 E 及 β-胡蘿蔔素等 (Goda *et al*. 1997; Teow *et al*. 2007)，尤其肉色呈深橙紅色的甘藷，所含的 β-胡蘿蔔素更豐富 (Teow *et al*. 2007)。因此，甘藷已逐漸爲農民及消費者所歡迎，深受消費者喜愛。

紫色甘藷塊根含有矢車菊素及芍藥素等二種花青素 (Goda *et al*. 1997)。甘藷花青素具有良好的穩定性，是一種極佳的天然色素 (Lu & Li 2001)，能提供多種保健功能，例如抑制腫瘤細胞生長之功能、防止高血壓及心血管疾病 (Wang *et al.* 2006; Yoshinaga 1998; Yoshimoto *et al*. 1999)。Kuo (2004) 發現不同甘藷品種之總酚及花青素含量有差異，其中以紅皮芋仔甘藷之藷皮含量最高，同時也具有最強的清除自由基能力及還原能力。甘藷蒸煮過後提高總酚及花青素含量，因而大幅提高清除自由基的能力，其中以紅色藷肉之提高幅度最大 (Huang *et al*. 2006; Saigusa *et al*. 2005)，顯示加工過程也會影響甘藷之抗氧化能力。

農試所嘉義分所於 96 年育成新品種台農 73 號，具有高產及高品質之特性，適合烤藷或其他加工用 (Lai *et al*. 2007)。台農 73 號之藷肉爲紫色，商品名爲紫玉，紫色藷肉可能含有較高的花青素，可提高其抗氧化能力，增加該品種之多樣性利用，值得進一步研究。又農產之加工過程可能對抗氧化能力有影響，所以本試驗以台農 73 號爲材料，配合其他顏色之品種爲對照，分析甘藷藷肉及藷皮花青素種類及多酚含量，並比較不同乾燥方法對花青素及抗氧化能力之影響，期能提供新品種甘藷台農 73 號利用及未來育種方向之參考。

材料與方法

本試驗之材料係 95 年秋作之甘藷，品種包括台農 57 號 (TNG 57)、台農 31 號 (TNG 31)、台農 66 號 (TNG 66)、台農 72 號 (TNG 72)、台農 73 號 (TNG 73) 及芋心甘藷 (Purple) 等 6 種 (圖 1)。

材料處理

試驗材料之處理係將甘藷分爲藷皮 (skin) (藷皮厚度爲 0.7-0.8 mm)、皮下藷肉 (peripheral flesh) 及中心藷肉 (central flesh) 等三部位，皮下藷肉及中心藷肉之界線係均分甘藷橫切之半徑。試驗材料分別以冷凍乾燥 (乾燥時間爲 29 hrs 以上，組織可容易用手折碎) (FTS bulk tray dryer, USA) 及 70℃烘乾 (乾燥時間爲 3 天，組織之重量已不再減少) 處理樣品，乾燥後之樣品利用研缽磨成粉末，存放於 4℃冰箱，並以新鮮材料做比較。

花青素分析

花青素分析之材料係以含有 1%鹽酸的甲醇進行萃取，取 0.5 mL 萃取液加入 0.25 mL 2.4 N 鹽酸均勻混合後，在 100℃下進行酸化 40 mins (Reddy *et al*. 1995)，酸化後以真空濃縮機濃縮 (Thermo SPD111V, USA)，再以含有 1%鹽酸的甲醇回溶，並以 0.45 μM 過濾膜過濾，濾液則供高效能液相層析儀 (high performance liquid chromatography, HPLC) 分析花青素之種類及含量。HPLC (Waters 2695, Waters 2996, USA) 分析條件方面，移動相爲 69%水：10%醋酸：21%甲醇，流速 1 mL/min，

分析管柱為 ODS column (Inertsil ODS-3 column, 4.6 × 250 mm, 5 µM; Precolumn: Inertsil ODS-3 column, 4.6 × 33 mm, 5 µM) (Shimada *et al*. 1999)。花青素之種類及含量則以矢車菊素、天竺葵素、飛燕草素、芍藥素及錦葵素 (Extrasynthese, France) 等標準品做比對及製作檢量線。

抗氧化及總酚含量分析

試驗材料以 80%甲醇溶液萃取 2 次，混合兩次萃取液進行抗氧化及總酚含量之分析。抗氧化之分析參考 Huang *et al*. (2004) 的方法，進行清除自由基能力及還原能力等兩項測試。清除自由基能力乃以 0.1 mL 萃取液與 4 mL 含 6.67 µM DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical) 之甲醇溶液混合，在室溫避光下作用 10 mins 後，測 517 nm 吸光值。還原能力則以 0.5 mL 萃取液加入含 0.33% 赤血鹽 [$K_3Fe(CN)_6$] 之 66.7 mM 磷酸緩衝液 (pH 6.6) 中，在 50℃作用 20 mins，立即置入冰浴快速冷卻方式停止反應後，再加入 0.5 mL 10%三氯醋酸，以 3,000 rpm 離心 10 mins，取上清液 0.25 mL 與 4.15 mL 含 0.096%三氯化鐵水溶液作用 10 mins 後，測 700 nm 吸光值。清除自由基能力及還原能力均以每公克乾重與具有 Trolox 相同之能力作表示。總酚含量之分析則參考 Sato *et al*. (1996) 的方法，0.1 mL 萃取液與 1 mL Folin-Ciocalteus 試劑作用 5 mins，加入 0.9 mL 之 20%碳酸鈉溶液，靜置 10 mins 後，以 3,000 rpm 離心 10 mins，取上清液測 735 nm 吸光值，總酚含量以五倍子酸 (Gallic acid) 作表示。

統計分析

試驗設計採用完全逢機設計 (CRD)，三重複，新鮮材料均依含水率換算成乾重表示。所得資料經變方分析後，若處理間差異顯著，則以 LSD (Fisher's Least Significant Difference) 測驗法比較處理間平均值之差異。花青素含量或總酚含量與抗氧化能力之關係，以相關分析表示相互間的變化。

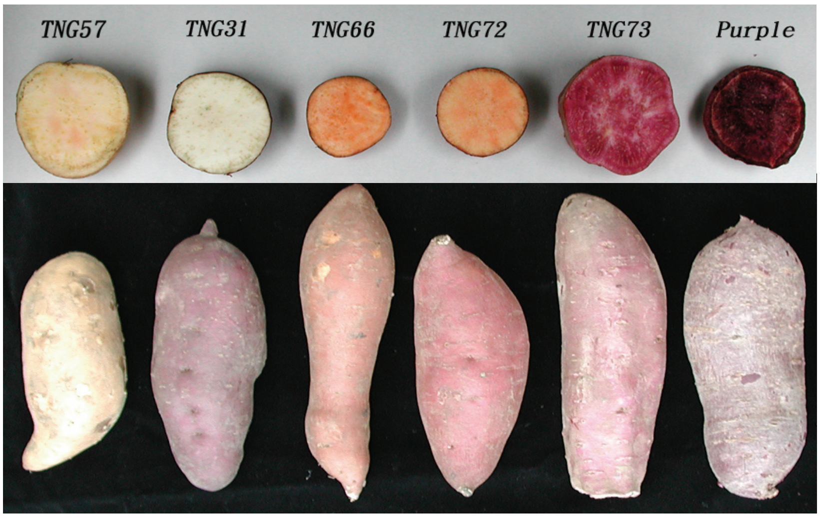


圖 1. 本試驗所分析的 6 個甘藷品種，其藷皮或藷肉具有不同之顏色，或同色系列但其顏色有深淺之差異。

Fig. 1. Six sweet potato cultivars with different color in the storage root were studied. TNG 57: Tainung 57; TNG 31: Tainung 31; TNG 66: Tainung 66; TNG 72: Tainung 72; TNG 73: Tainung 73; Purple: purple sweet potato.

結　果

不同顏色甘藷及不同乾燥處理後花青素種類及含量分析

本試驗所分析之甘藷品種具有不同之藷皮或藷肉顏色 (圖 1)，在藷皮顏色方面，除台農 57 號爲褐色外，其餘均爲紅色系列，其中以芋心甘藷及台農 31 號之顏色最深，台農 66 號最淺。在藷肉顏色方面，台農 57 號爲黃色，台農 31 號爲白色，台農 66 號及台農 72 號爲橘色，台農 73 號及芋心甘藷爲紫色，而芋心甘藷之顏色比台農 73 號深。

在花青素種類方面，台農 57 號之藷皮未測到任何花青素，台農 31 號可測得矢車菊素，其餘品種均可測到矢車菊素及芍藥素兩種色素，但台農 66 號僅限於冷凍乾燥材料才測到兩種色素。在藷肉方面，只有紫色藷肉台農 73 號及芋心甘藷含有花青素，芋心甘藷含有矢車菊素及芍藥素兩種色素，台農 73 號之矢車菊素含量極低，所以只測得芍藥素 (表 1、2、3)。由圖 1、表 1、表 2 和表 3 之結果可發現，紫紅色系之甘藷才有花青素之合成，而花青素種類只含有紫紅色的矢車菊素及紅色的芍藥素二種花青素。

表 1. 甘藷表皮、皮下藷肉及中心藷肉等部位之新鮮組織內所測得的花青素種類及含量

Table 1. Changes in composition and content of anthocyanin of fresh sweet potato in skin, peripheral flesh and central flesh three regions

		Concentration (μg/g DW)		
Cultivar	Region	Cyanidin	Peonidin	Total
TNG 57	Skin	–[z]	–	–
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 31	Skin	783.4 ± 137.8[y]	–	783.4 ± 137.8
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 66	Skin	54.8 ± 9.0	–	54.8 ± 9.0
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 72	Skin	32.2 ± 2.2	60.5 ± 5.0	92.7 ± 5.7
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 73	Skin	121.5 ± 15.4	133.0 ± 7.2	254.5 ± 8.2
	Peripheral flesh	–	2.1 ± 0.7	2.1 ± 0.7
	Central flesh	–	3.1 ± 0.2	3.1 ± 0.2
Purple	Skin	436.2 ± 77.7	886.0 ± 77.2	1322.2 ± 146.4
	Peripheral flesh	22.9 ± 3.3	84.7 ± 1.3	107.5 ± 4.6
	Central flesh	21.2 ± 1.4	62.6 ± 5.7	83.8 ± 7.1

[z] Not detected.

[y] Mean ± SE.

在花青素含量方面，藷皮之花青素含量以顏色最深之芋心甘藷及台農 31 號最高，分別高達 1,591 µg 及 783 µg (表 1、2)。藷肉之花青素含量低於藷皮，芋心甘藷及台農 73 號之最高含量分別為 563 µg 及 34 µg (表 2)，芋心甘藷之含量明顯高於台農 73 號，兩品種新鮮材料花青素含量之差異，可高達 50 倍以上。

連結表 1、表 2 和表 3 之結果，得知不同乾燥處理後，藷皮及藷肉花青素之含量會有所變化。新鮮藷皮所測得之含量，有些品種較冷凍乾燥材料高出一些，部分品種則有些許下降 (表 1、2)，但整體而言，其改變之幅度不及烘乾之影響，烘乾過程會造成花青素含量大幅下降，芋心甘藷及台農 73 號分別比冷凍乾燥下降 4 倍及 22 倍 (表 2、3)。冷凍乾燥藷肉的花青素含量明顯高於新鮮藷肉，且中心部位藷肉之含量也高於皮下部位 (表 1、2)。藷肉之花青素也會因烘乾而大幅下降，芋心甘藷及台農 73 號之藷肉經烘乾後分別比冷凍乾燥減少 54 倍及 15 倍 (表 2、3)。藷肉因烘乾後花青素大幅下降，皮下部位及中心部位之差距縮小 (表 3)。

表 2. 甘藷表皮、皮下藷肉及中心藷肉等部位經冷凍乾燥後所測得的花青素種類及含量

Table 2. Changes in composition and content of anthocyanin of freeze-drying sweet potato in skin, peripheral flesh and central flesh three regions

		Concentration (µg/g DW)		
Cultivar	Region	Cyanidin	Peonidin	Total
TNG 57	Skin	–[z]	–	–
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 31	Skin	495.5 ± 74.4[y]	–	495.5 ± 74.4
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 66	Skin	45.5 ± 3.7	9.6 ± 1.6	55.1 ± 5.3
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 72	Skin	20.3 ± 5.3	47.8 ± 6.1	68.1 ± 9.9
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 73	Skin	213.7 ± 23.6	263.0 ± 12.8	476.8 ± 10.9
	Peripheral flesh	–	34.3 ± 8.1	34.3 ± 8.1
	Central flesh	–	28.3 ± 9.9	28.3 ± 9.9
Purple	Skin	558.5 ± 40.6	1033.4 ± 15.1	1591.9 ± 55.7
	Peripheral flesh	216.3 ± 7.9	347.5 ± 25.7	563.8 ± 33.6
	Central flesh	135.7 ± 23.2	208.9 ± 19.4	354.8 ± 42.6

[z] Not detected.

[y] Mean ± SE.

表 3. 甘藷表皮、皮下藷肉及中心藷肉等部位經 70℃烘乾燥後所測得的花青素種類及含量

Table 3. Changes in composition and content of anthocyanin of 70℃ drying sweet potato in skin, peripheral flesh and central flesh three regions

		Concentration (μg/g DW)		
Cultivar	Region	Cyanidin	Peonidin	Total
TNG 57	Skin	–[z]	–	–
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 31	Skin	387.2 ± 15.8[y]	ND	387.2 ± 15.8
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 66	Skin	8.3 ± 0.2	ND	8.3 ± 0.2
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 72	Skin	13.2 ± 0.6	32.7 ± 0.2	45.9 ± 0.8
	Peripheral flesh	–	–	–
	Central flesh	–	–	–
TNG 73	Skin	10.5 ± 1.0	11.6 ± 0.4	22.1 ± 0.7
	Peripheral flesh	–	1.9 ± 0.3	1.9 ± 0.3
	Central flesh	–	2.1 ± 0.2	2.1 ± 0.2
Purple	Skin	126.4 ± 0.8	266.2 ± 21.9	392.6 ± 21.1
	Peripheral flesh	–	5.1 ± 0.2	5.1 ± 0.2
	Central flesh	4.9 ± 0.8	7.2 ± 0.1	12.1 ± 0.9

[z] Not detected.
[y] Mean ± SE.

不同顏色甘藷及不同乾燥處理後抗氧化能力分析

在抗氧化能力測定方面，分析新鮮、冷凍乾燥及烘乾甘藷藷皮及藷肉清除自由基 (DPPH) 能力及還原能力。新鮮藷皮之清除自由基能力，以芋心甘藷及台農 66 號最高，其能力分別爲 8 及 6，台農 72 號次之，台農 73 號與其他兩個品種則最低，能力只有 2 而已 (圖 2A)。新鮮藷皮之還原能力以芋心甘藷之 178 爲最高，其他 5 個品種差異不大，大約 120 左右 (圖 2B)。新鮮藷肉之清除自由基能力及還原能力均明顯比新鮮藷皮低，大約只有藷皮之 1/4 而已，而皮下部位與中心部位差異不大 (圖 2)。無論藷皮或藷肉之冷凍乾燥及烘乾材料，其品種間之差異順序與新鮮材料相似，但冷凍乾燥及烘乾材料之抗氧化能力明顯比新鮮材料高，冷凍乾燥材料之清除自由基能力及還原能力約分別提高 10 倍及 3-5 倍 (圖 3A、3B)，烘乾材料提高之幅度較低，約分別提高 3-4 倍及 2 倍 (圖 4A、4B)。另外，台農 73 號藷肉之抗氧化能力在冷凍乾燥及烘乾後，提高之幅度明顯較多，其抗氧化能力僅低於芋心甘藷而已 (圖 3、4)。

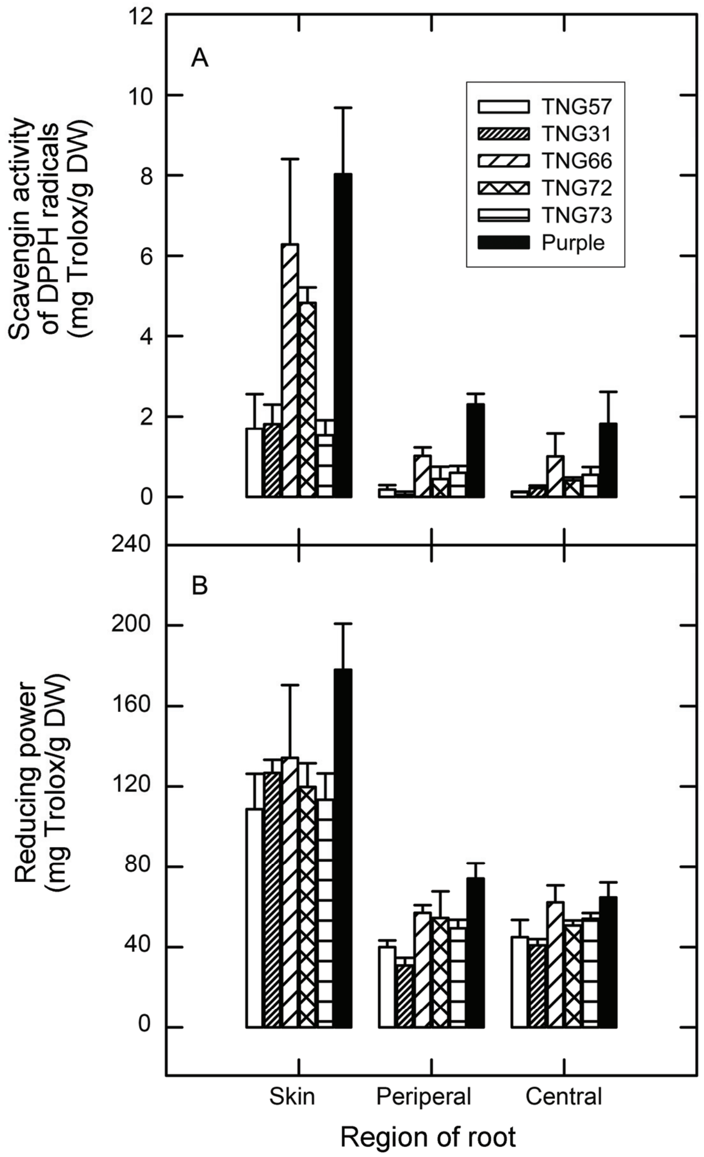


圖 2. 不同甘藷品種之新鮮甘藷藷皮、皮下藷肉及中心藷肉等的 (A) 清除自由基能力；(B) 還原能力。

Fig. 2. Changes in scavenging activity of (A) DPPH radicals and (B) reducing powerof fresh sweet potato. The storage root of sweet potato was divided into three region: skin, peripheral flesh, and central flesh.

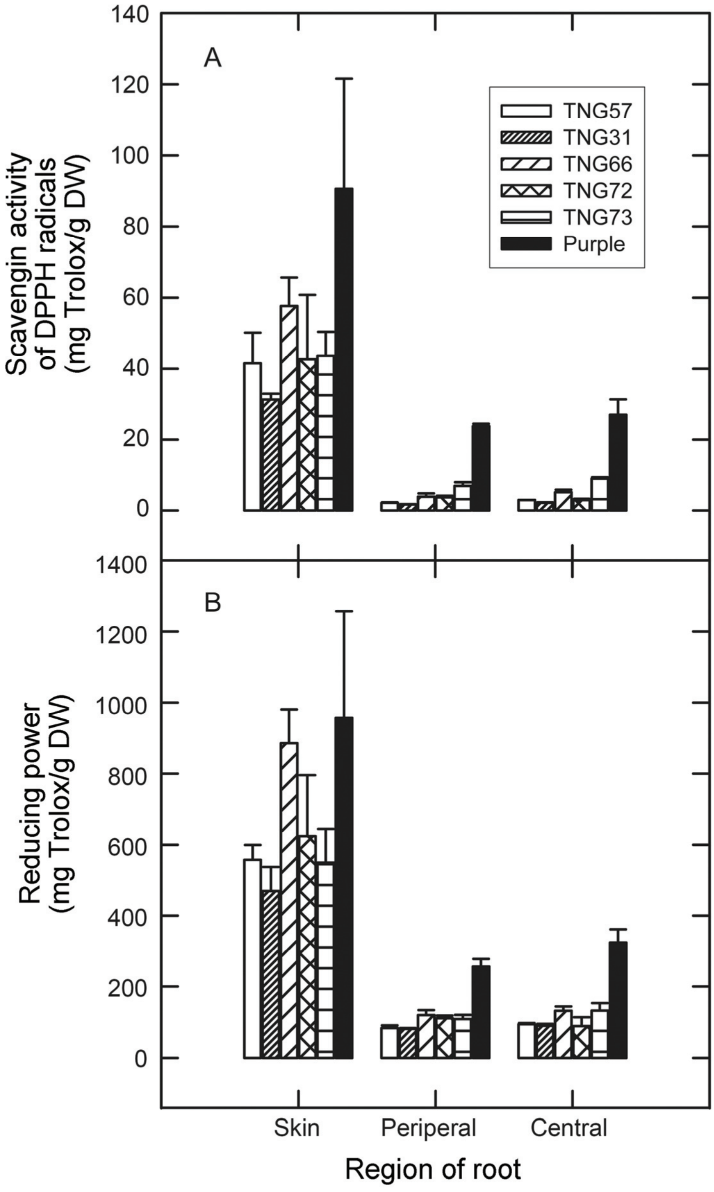


圖 3. 不同甘藷品種之冷凍乾燥乾甘藷藷皮、皮下藷肉及中心藷肉等的 (A) 清除自由基能力；(B) 還原能力。

Fig. 3. Changes in scavenging activity of (A) DPPH radicals and (B) reducing power of freeze-drying sweet potato. The storage root of sweet potato was divided into three region: skin, peripheral flesh, and central flesh.

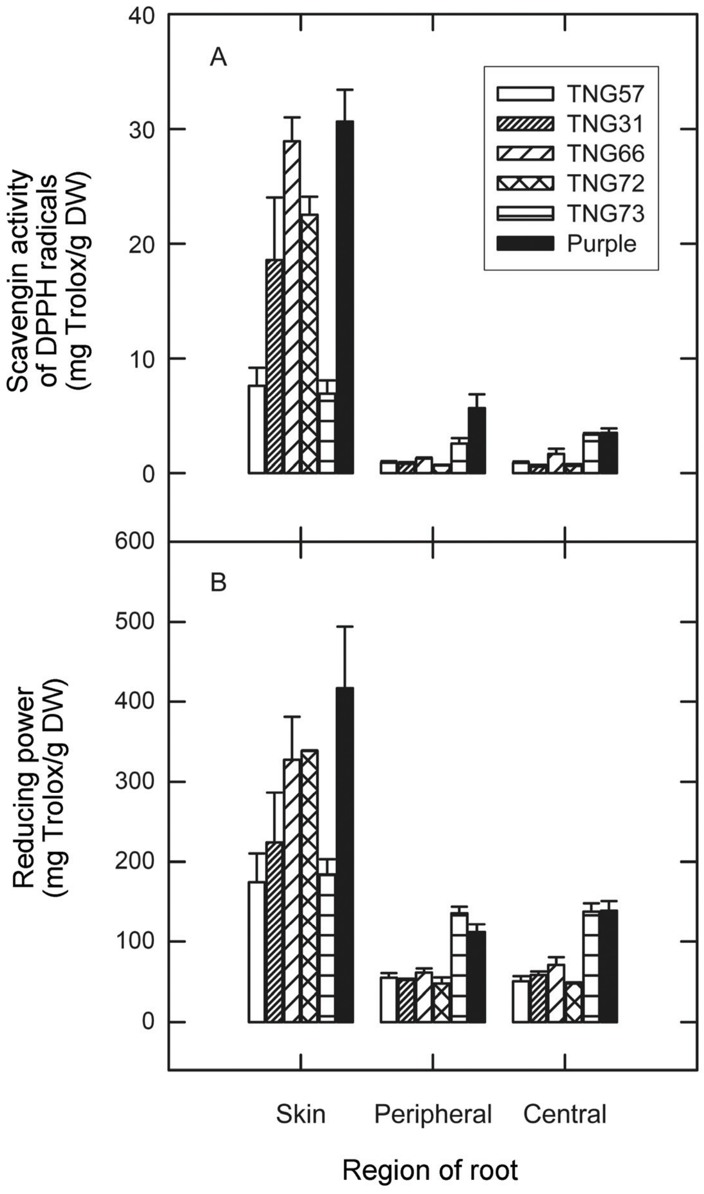


圖 4. 不同甘藷品種 70℃烘乾之甘藷藷皮、皮下藷肉及中心藷肉等的 (A) 清除自由基能力；(B) 還原能力之比較。

Fig. 4. Changes in scavenging activity of (A) DPPH radicals and (B) reducing power of 70℃ drying sweet potato. The storage root of sweet potato was divided into three region: skin, peripheral flesh, and central flesh.

不同顏色甘藷及不同乾燥處理後多酚含量分析

芋心甘藷之藷皮及藷肉具有高花青素含量，也有較高的抗氧化能力；台農 31 號之藷皮也有高花青素含量，但並無高抗氧化能力，台農 66 號之藷皮只含少量花青素，卻有高抗氧化能力 (表 2、圖 3)，所以花青素含量與抗氧化能力無正相關存在 (資料未列出)。甘藷含有相當豐富之多酚化合物，花青素也是多酚之一種，所以芋心甘藷具有高花青素含量及總酚含量 (表 2、圖 5)，因此有最高之抗氧化能力 (圖 3)。測定甘藷總酚含量，發現台農 66 號之藷皮具有高總酚含量，所以有較高的抗氧化能力；台農 73 號藷肉經冷凍乾燥及烘乾後，總酚含量大幅提高，其抗氧化能力僅次於芋心甘藷 (圖 5)。所以將總酚含量與清除自由基能力及還原能力分別做相關分析，結果顯示總酚含量與抗氧化能力呈正相關關係 (圖 6)。

討　　論

花青素可以提供花朵多采多姿的顏色，同樣也可提供甘藷顏色，但花青素在塊根內呈現不均勻分佈，通常藷皮花青素含量高於藷肉 (Yoshinaga *et al*. 2000)，皮下藷肉高於中心藷肉 (表 2)。紅色藷皮及紫色藷肉均由花青素 (矢車菊素及芍藥素) 提供顏色，顏色愈深花青素含量也愈高 (圖 1、表 1)，所以由外觀顏色可能可作爲甘藷花青素選種之指標，但黃色及橘色藷肉並無花青素之合成，其色素主要由 β-胡蘿蔔素所組成 (Teow *et al*. 2007)。台農 73 號爲農試所嘉義分所新育成之紫肉品種，具有高產之特性，每公頃產量爲 30 t (Lai *et al.* 2007)，但其藷肉之花青素含量並沒有很高，可能無法提供高抗氧化能力之機能性，或作爲色素原料。一般而言，天然色素遇光或遇熱時穩定性較差，但甘藷花青素具有較高的穩定性 (Lu ＆ Li 2001; Xie *et al*. 2004; Yin *et al*. 2004)，可作爲天然色素及機能性食品，目前日本及大陸已開發相當多產品 (Xie *et al*. 2004; Yue *et al*. 2003)，但國內以往栽培高花青素品種多由日本引進，其產量均不高 (Peng 2003)，所以才有高產台農 73 號之育成。甘藷花青素主要成分有矢車菊素及芍藥素 (Goda *et al*. 1997; Lai *et al.* 2007)，台農 73 號藷肉只測到芍藥素一種，比 Lai *et al.* (2007) 之結果少了矢車菊素，可能甘藷花青素之合成也會受到期作之影響。所以未來要育成高花青素甘藷品種，甘藷之產量及花青素含量與穩定性均爲重要考慮項目。

花青素及酚類化合物均可提供高抗氧化能力，具有預防老化、心血管疾病、癌症等功能 (Ames *et al*. 1993)。甘藷無論藷皮或藷肉之顏色爲何，均含有相當豐富之多酚化合物 (圖 5)，所以食用甘藷具有改善肝功能、降低血中膽固醇含量之功能 (Yoshinaga 1998)，而藷皮之總酚含量及抗氧化能力均比藷肉高出許多 (圖 5)，所以全藷利用是有必要的。花青素除可提供甘藷鮮豔之紅紫色外，也可提供高抗氧化能力 (Oki *et al*. 2002; Teow *et al*. 2007)，芋心甘藷之總酚含量不高於台農 66 號，但具有最高之抗氧化能力 (圖 2)，所以花青素提供之抗氧化能力可能高於其他酚類化合物。

Huang *et al.* (2006) 研究蒸煮對甘藷的抗氧化能力，發現甘藷蒸煮後總酚及花青素含量均大幅提高，以紅色藷肉提高最多。Saigusa *et al.* (2005) 也發現紫色藷肉烹煮後具有較高的清除自由基能力，顯示烹煮過程可能會影響其抗氧化能力。而本試驗中烘乾後甘藷之花青素含量明顯低於冷凍乾燥，顯示烘乾過程會破壞花青素結構，致使花青素含量降低 (表 2、3)。但甘藷經由乾燥後，不論

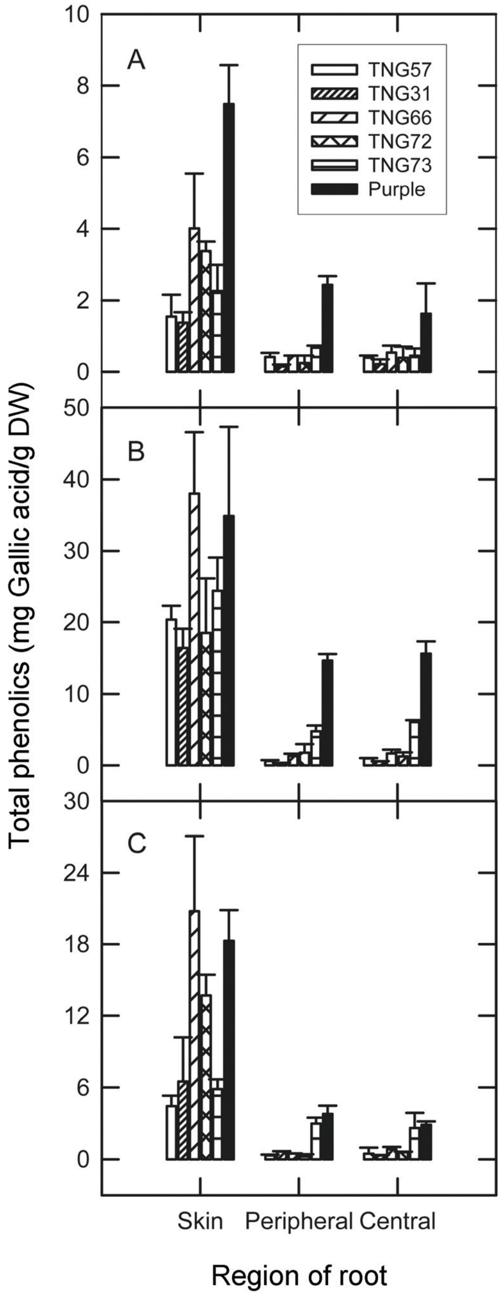


圖 5. 不同甘藷品種藷皮、皮下藷肉及中心藷肉等部位的 (A) 新鮮；(B) 冷凍乾燥乾處理；(C) 烘乾處理後之多酚含量變化情形。

Fig. 5. Changes in total phenolics content of (A) fresh flesh, (B) freeze-drying flesh and (C) 70℃ drying flesh. The storage root of sweet potato was divided into three region: skin, peripheral flesh, and central flesh.

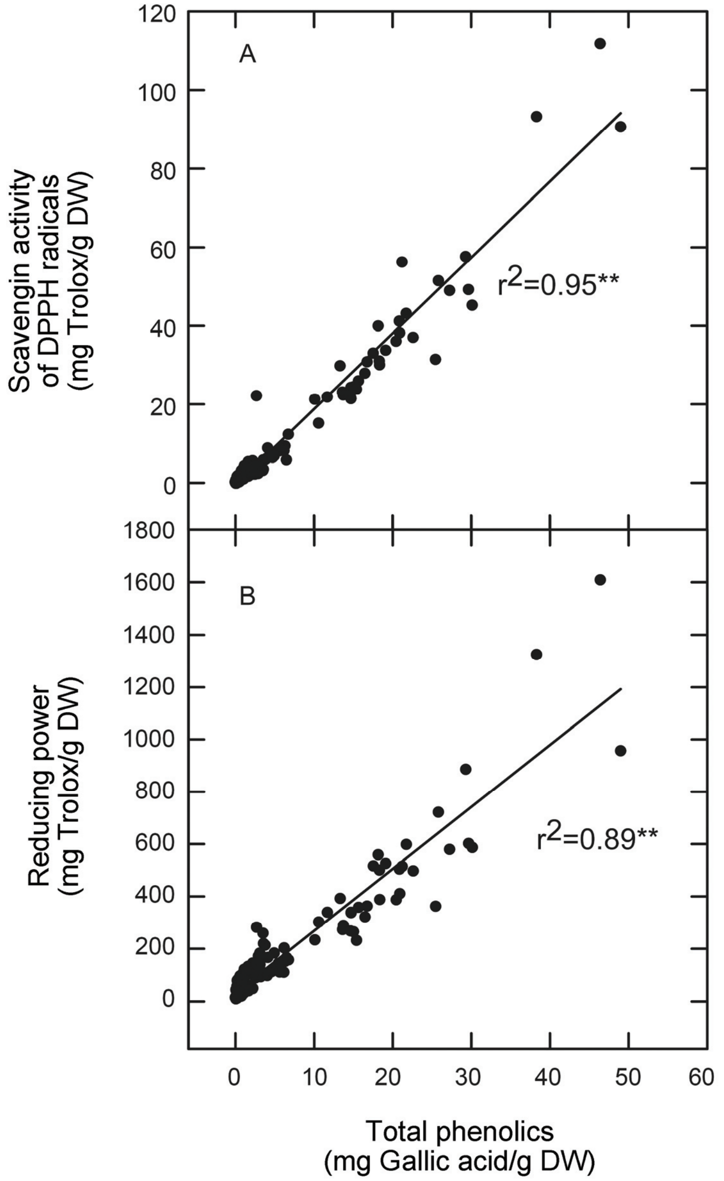


圖 6. 不同甘藷品種多酚含量與 (A) 清除 DPPH；(B) 還原能力之關係圖。

Fig. 6. Correlation between total phenolics content and (A) scavenging activity of DPPH radicals, (B) reducing power of sweet potato.

是冷凍乾燥或烘乾，其抗氧化能力均比新鮮材料高，顯然乾燥處理可能會對細胞進行某種程度之破壞，抗氧化物質如酚類化合物更容易溢出細胞外，所以總酚含量會因乾燥處理而增加 (圖 5B、5C)，抗氧化能力因而提高 (圖 3、4)，但乾燥之方法仍需探討，因爲乾燥方法不當，會破壞溢出細胞之酚類化合物，而導致抗氧化能力之降低。

總之，花青素及多酚化合物可提供甘藷之高抗氧化能力，花青素更可豐富甘藷色彩，增進甘藷多樣性利用。甘藷加工時必須以適當乾燥方法，以提高甘藷之抗氧化能力。台農 73 號甘藷之育成，爲紫肉甘藷育種之開始，未來更須朝向高產、高花青素含量與高穩定性之品種開發，提高甘藷多元發展的利用價值。

引用文獻 (Literature cited)

Ames, B. M., M. K. Shigena, and T. M. Hagen. 1993. Oxidants, antioxidant, and the degenerative diseases of aging. Proc. Natl. Acad. Sci. 90:7915-7922.

Bridle, P. and C. F. Timberlake. 1997. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. Food Chem. 58:103-109.

Chiu, H. L. and M. J. Fan. 1998. Anthocyanins and flower color expression. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 44(2):102-115. (in Chinese with English abstract)

Goda, Y., T. Shimizu, Y. Kato, M. Nakamura, T. Maitani, T. Yamada, N. Terahara, and M. Yamaguchi. 1997. Two acylated anthocyanins from purple sweet potato. Phytochemistry 44(1):183-186.

Huang, Y. C., Y. H. Chang, and Y. Y. Shao. 2006. Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. Food Chem. 98:529-538.

Huang, D. J., C. D. Lin, H. J. Chen, and Y. H. Lin. 2004. Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam 'Tainung 57'] constituents. Bot. Bull. Acad. Sin. 45:179-186.

Kuo, S. L. 2004. Antioxidative activity of peels, leaves and vines from various sweet potato varieties. Shih Chien Univ. Master Thesis. 128 pp. (in Chinese with English abstract)

Lai, Y. C., C. T. Li, W. H. Tsai, and T. L. Jeng. 2007. New sweat potato cultivar TNG 73 " Purple Jade ". Tech. Service 70:7-9. (in Chinese with English abstract)

Lu, G. Q. and X. L. Li. 2001. Stability of red pigments from purple sweet potato [*Ipomea batata* (L), Lam] and other five natural red pigment. J. Zhejiang Univ. 27(6):635-638. (in Chinese with English abstract)

Oki, T., M. Masuda, S. Furuta, Y. Nishiba, N. Terahara, and I. Suda. 2002. Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical-scavenging activity of purple-fleshed sweet potato cultivars. J. Food Sci. 67:1752-1756.

Peng, D. C. 2003. Fertilization management of purple sweat potato in Hualien. Hualien Agric. Inform. 46:16-19. (in Chinese with English abstract)

Reddy, V. S., S. Dash, and A. R. Reddy. 1995. Anthocyanin pathway in rice (*Oryza Sativa* L.): identification of a mutant showing dominant inhibition of anthocyanins in leaf and accumulation of proanthocyanidins in pericarp. Theor. Appl. Genet. 91:301-312.

Saigusa, N., N. Terahara, and R. Ohba. 2005. Evaluation of DPPH-Radical-Scavenging activity and antimutagenicity and analysis of anthocyanins in an alcoholic fermented beverage produced from cooked or raw purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea Batatas* cv. *Ayamurasaki*) roots. Food Sci. Technol. Res. 11(4):390-394.

Sato, M., N. Ramarathnam, Y. Suzuki, T. Ohkubo, M. Takeuchi, and H. Ochi. 1996. Variental differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. J. Agric. Food Chem. 44:37-41.

Shimada, Y., R. Nakano-Shimada, M. Ohbayashi, Y. Okinaka, S. Kiyokawa, and Y. Kikichi. 1999. Expression of chimeric P450 genes encoding flavonoid-3', 5'-hydroxylase in transgenic tobacco and petunia plants. FEBS Letters 461:241-245.

Teow, C. C., V. D. Truong, R. F. McFeeters, R. L. Thompson, K. V. Pecota, and G. C. Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and b-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. Food Chem. 103:829-838.

Tsuda, T., K. Shiga, K. Ohshima, S. Kawadishi, and T. Osawa. 1996. Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L. Biochem. Pharmacol. 52:1033-1039.

Wang, H., G. Cao, and R. L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. J. Agric. Food Chem. 45:304-309.

Wang, G. L., J. Yue, D. X. Su, and H. J. Fang. 2006. Study on the antioxidant activity of sweet potato anthocyanin and its inhibiting effect on growth of cancer. Acta Nutri. Sin. 28(1):71-74. (in Chinese with English abstract)

Xie, Y. Z., Q. H. Yin, and R. L. Qiu. 2004. Study and utilization of sweet potato with high anthocyanins. Rain Fed Crops 24(1):23-25. (in Chinese with English abstract)

Yin, Q. H., Y. Z. Liu, Y. Z. Xie, and M. Chen. 2004. The stability of anthocyanin from purple sweet potato. Jiangsu J. Agric. Sci. 20(2):111-115. (in Chinese with English abstract)

Yoshinaga, M. 1998. Physiological function of purple colored flesh sweet potato. Food Process. 33(8): 15-17.

Yoshimoto, M., S. Okuno, and M. Yoshinaga. 1999. Antimutagenicity of sweet potato (*Ipomea batata*) roots. Biosci. Biotechnol. Biochem. 63:537-541.

Yoshinaga, M., M. Tanaka, and M. Nakatani. 2000. Changes in anthocyanins content and composition of developing storage root of purple-fleshed sweet potato. Breed. Sci. 50:59-64.

Yue, J., H. J. Fang, and H. G.. Huang. 2003. Research advance of purple sweet potato color. Liaoning Agric. Sci. 5:22-25. (in Chinese with English abstract)

Studies on Anthocyanidin and Total Phenolic Contents of Sweet Potato[1]

Toong-Long Jeng[2], Yi-Ju Shih[2], Tong-Hai Tseng[2], Yung-Chang Lai[3], and Min-Tze Wu[2, 4]

Abstract

Jeng, T. L., Y. J. Shih, T. H. Tseng, Y. C. Lai, and M. T. Wu. 2008. Studies on anthocyanidin and total phenolic contents of sweet potato. J. Taiwan Agric. Res. 57:33-48.

Anthocyanidin composition and antioxidant activity of sweet potato (*Ipomea batatas* (L.) Lam) storage roots with plentiful colors were studied. The results showed that cyanidin and peonidin were synthesized in purple-red skin and storage root, and more anthocyanidins were found in darker color ones. The skin and storage root of Tainung 73 cultivar contained less anthocyanidin than that of Purple sweet potato. 70℃ drying had less anthocyanidin content of skin and storage root than freeze drying, but freeze-drying and 70℃ drying increased antioxidant activity 10 times and 3-5 times respectively as compared with fresh materials. Antioxidant activity was positively correlated to total phenolic content, but not to anthocyanidin content. However, increased anthocyanidin content was good for enhancing antioxidant activity of sweet potato. The results could be applied as a reference for the utilization of Tainung 73 cultivar and future breeding of sweet potato.

Key words: Sweet potato, Anthocyanins, Total phenolic, Anti-oxidative activity.

---

1. Contribution No.2910 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: March 12, 2008.
2. Associate Researcher, Project Assistant, Associate Researcher, Senior Researcher and Head, Biotechnology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Researcher and Head of department of Agricultural, Chiayi Agricultural Experiment Branch, ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: wu@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 57(1):49-62 (2008)

抗輪點病毒轉基因木瓜之生態影響評估- I. 土壤微生物族群數與有效性養分濃度的差異 [1]

簡宣裕[2,3] 石信德[2] 林俊義[2] 張明暉[2] 劉邦基[2]

摘　要

簡宣裕、石信德、林俊義、張明暉、劉邦基。2008。抗輪點病毒轉基因木瓜之生態影響評估- I.土壤微生物族群數與有效性養分濃度的差異。台灣農業研究 57:49-62。

於農業試驗所轉基因作物專用田區網室內，將抗輪點病毒 (PRSV) 轉基因木瓜與非轉基因木瓜完全逢機種植於裝砂質壤土之圓桶內，進行盆栽試驗，每盆每月採取土壤樣品一次，測定土壤微生物族群數與有效性養分濃度。試驗結果顯示種植木瓜土壤的總細菌族群數在試驗進行第一個月至第二個月內增加，第二個月後則變動不大；總真菌族群數在試驗進行第一個月至第三個月內減少，第四個月後則變動不大；0-20 cm 深土壤的總細菌、總真菌、游離固氮細菌、溶磷酸鈣細菌及蛋白分解細菌族群數以及有效性氮、磷及鉀濃度皆比 20-40 cm 深土壤者高。將試驗期間種植轉基因木瓜土壤的總細菌、總真菌、溶磷酸鈣細菌、游離固氮細菌及蛋白分解細菌族群數以及有效性氮、磷與鉀濃度、酸鹼度值及電導度值與種植非轉基因木瓜土壤者兩相比較，結果顯示兩者之間於統計上的差異是不顯著 (t-test, $p<0.05$)。

關鍵詞：轉基因木瓜、木瓜抗輪點病毒、土壤微生物族群數、土壤有效性養分。

前　言

轉基因植物是以基因工程操作技術，加以邏輯構思對外來基因 DNA 序列充分瞭解後，精確的將外來 DNA 導入于作物基因的 DNA 序列中，在較短時間內獲得抗病與抗蟲 (Jack *et al*. 2000; Punja 2001; Reedy *et al*. 2001; Vries & Wackernagel 2001; Xiao *et al.* 2002)、耐旱性強 (McKersie *et al.* 2000)、對土壤養分吸收效率高 (Rhij *et al*. 2001)、抗殺草劑、單位面積產量高、營養成分較高、抗老化及貯藏壽命較長等之基因改良植物。民國 64 年，在台灣首次發現木瓜輪點病毒 (papaya ring spot virus) 以來，短時間內，即迅速蔓延全台，由於病毒病害無藥可治，栽培管理上所採用的防治

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2311 號。接受日期：97 年 3 月 12 日。
2. 本所農化組研究員、植病組副研究員、所長、農化組助理研究員及前園藝組研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：sychien@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04) 23302805。

方法收效都非常有限。中興大學葉錫東教授 (Cheng *et al*. 1996) 以農桿菌將木瓜輪點病毒 (PRSV) 鞘蛋白基因感染台農二號品種之未成熟胚，達成細胞的基因轉殖，再經由組織培養途徑培育成含有鞘蛋白基因之轉基因木瓜 (transgenic papaya)，為本省木瓜產業提供一嶄新的防治方法。但此轉基因木瓜，於田間種植時，對生態環境的衝擊與影響程度，在國內尚缺乏完整之監測評估。依據 2007 年農委會公告之「基因轉殖植物田間試驗管理辦法」，規定應評估基因轉殖植物對目標生物與非目標生物直接或間接之影響，包括必須對土壤微生物族群數影響之評估等。故於農業試驗所設置轉基因植物專用之栽培網室，以跨組室合作方式進行盆栽試驗，以評估抗輪點病毒轉基因木瓜種植於土壤後對土壤微生物族群數與有效性養分之影響，以做為日後抗輪點病毒轉基因木瓜之栽培推廣或風險管理之參考資料。

材料與方法

試驗設計

於農業試驗所轉基因作物專用田區之網室內，完全逢機試驗設計擺置種植非轉基因木瓜 (台農 2 號木瓜，*Carica papaya* L. Tainung No.2) 與抗輪點病毒轉基因木瓜 (中興大學葉錫東教授提供種子) 之圓桶盆栽各十重複。

木瓜種植與施肥方法為，台肥公司化學肥料 (60 g 尿素、270 g 過磷酸鈣及 55 g 氯化鉀) 先與 2 kg 金針菇木屑堆肥 (農業試驗所堆肥舍自製，其成份如表 1) 混合均勻，再與 240 kg 砂質壤土 (取自霧峰鄉舊正村段之烏溪河床) 以圓鍬鏟勻，裝入 200 L 黑色塑膠桶，種植木瓜苗 (五個月大，平均高度 35 cm)，於種植後 70 days 時每盆土壤追施 200 g 台肥一號肥料。

土壤水分管理為每盆埋兩個石膏塊 (gypsum block, STARLOG soil moisture transducer model 6513, Unidata Australia) 於距離木瓜主幹 0-20 cm 且 30 cm 深處，每二天測定石膏塊電阻測值然後轉換為土壤水分張力，當平均土壤水分張力高於 1 bar 時灌水，使土壤水分張力降為 1/3 bar。

樣品之採樣

試驗種植一個月後，每盆每月進行土壤取樣。因盆栽土壤之直徑為 40 cm 深為 55 cm，故將盆栽面劃分為 4 等份，於每等份內以採土器 (直徑 2.4 cm) 分別採取距離轉基因與非轉基因木瓜主幹 0-20 cm 深 0-20 cm 土壤　(T20 與 CK20) 及距離轉基因與非轉基因木瓜主幹 0-20 cm 深 20-40 cm 土壤 (T40 與 CK40)，然後將 4 等份內採取之 T20、T40、CK20 及 CK40 土壤分別混合均勻。

表 1. 金針菇木屑堆肥之化學成份

Table 1. The chemical compositions of wasted winter mushroom spawn sawdust compost

pH ^{z}	EC^z	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	dS cm^{-1}	--- % ---					--- mg kg^{-1} ---			
5.73	5.21	1.71	2.18	1.15	1.04	1.30	1730	270	16	150

^{z} pH and EC: compost/pure water = 10 g d.w./50 mL.

樣品測定項目與方法

採樣後之新鮮土壤秤 5 g 置入 100 mL 三角玻璃瓶內，加入 45 mL 無菌水，以震盪器將之震散爲土壤溶液，然後 1 mL 土壤溶液加 9 mL 無菌水稀釋爲 10^{-2}，以此類推，連續稀釋爲 10^{-3}、10^{-4}、10^{-5}、10^{-6}及 10^{-7} 倍數之稀釋液，取 0.2 mL 稀釋液分別塗抹於營養固體培養基 (nutrient agar, Difco 213000)、馬鈴薯葡萄糖洋菜固體培養基 (potato dextrose agar, Difco™ 213400)、游離固氮細菌固體培養基 (Tchan 1983)、溶磷酸鈣細菌固體培養基 (Subba 1982) 及蛋白分解細菌固體培養基 (Li *et al*. 1992)，置於 30℃ 孵育箱內經 32 hrs，選取菌落數爲 30-300 cfu (colony forming unit) 之固體培養基培養皿者計數菌落數 (爲 0.2 mL 土壤溶液所含之菌數)，將菌落數乘以 5 (將 0.2 mL 土壤溶液所含之菌數換算爲 1 mL 土壤溶液所含之菌數) 與稀釋倍數，算出每公克土壤之總細菌、總真菌、游離固氮細菌、溶磷酸鈣細菌及蛋白分解細菌之族群數目。

土壤風乾後以 2 mm 篩子過篩，分析土壤有效性氮 (Bremner 1965)、磷及鉀濃度 (Chang 1981)，以及土壤與純水依 1:1 (wv^{-1}) 比例混合後以酸鹼度計與電導度計分別測定 pH 與電導度值。

結　　果

土壤微生物族群數的比較

總細菌族群數的比較：種植轉基因與非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的總細菌族群數於試驗進行第一個月至第二個月內分別由 $10^{6.9}$ cfu g^{-1} 與 $10^{7.1}$ cfu g^{-1} 大幅增加至 $10^{7.7}$ cfu g^{-1} 與 $10^{7.6}$ cfu g^{-1}，第二個月至第三個月內增加的趨勢較緩，第四個月後分別維持在 $10^{7.5}$ cfu g^{-1} 至 $10^{7.6}$ cfu g^{-1} 與 $10^{7.6}$ cfu g^{-1} 至 $10^{7.7}$ cfu g^{-1} 之間；種植轉基因與非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的總細菌族群數於試驗進行第一個月至第二個月內分別由 $10^{6.4}$ cfu g^{-1} 與 $10^{6.6}$ cfu g^{-1} 亦大幅增加至 $10^{7.6}$ cfu g^{-1} 與 $10^{7.4}$ cfu g^{-1} ，第二個月至第三個月內則減少，第三個月之後維持在 $10^{7.4}$ cfu g^{-1} 至 $10^{7.5}$ cfu g^{-1} 與 $10^{7.4}$ cfu g^{-1} 至 $10^{7.4}$ cfu g^{-1} 之間 (圖 1)。

總真菌族群數的比較：種植轉基因與非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的總真菌族群數於試驗進行第一個月至第三個月內分別由 $10^{4.9}$ cfu g^{-1} 與 $10^{4.8}$ cfu g^{-1} 減少爲 $10^{4.2}$ cfu g^{-1} 與 $10^{4.3}$ cfu g^{-1}，在第四個月時回升爲 $10^{4.4}$ cfu g^{-1} 與 $10^{4.5}$ cfu g^{-1}，於第四個月至第六個月間總真菌族群數變動不大；種植轉基因及非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的總真菌族群數於試驗進行第一個月至第三個月內分別由 $10^{4.7}$ cfu g^{-1} 與 $10^{4.7}$ cfu g^{-1} 減少爲 $10^{4.2}$ cfu g^{-1} 與 $10^{4.2}$ cfu g^{-1}，第四個月時回升爲 $10^{4.2}$ cfu g^{-1} 與 $10^{4.3}$ cfu g^{-1}，第五個月至第六個月內則變動不大 (圖 2)。

溶磷酸鈣細菌族群數的比較：在試驗進行第一個月至第二個月內，種植轉基因與非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的溶磷酸鈣細菌族群數分別由 $10^{5.2}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.2}$ cfu g^{-1} 增加至 $10^{5.9}$ cfu g^{-1} 與 $10^{6.1}$ cfu g^{-1}，於試驗第三個月時減少爲 $10^{5.6}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.6}$ cfu g^{-1}，第四個月至第六個月內溶磷酸鈣細菌族群數分別維持在 $10^{5.6}$ cfu g^{-1} 至 $10^{5.7}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.6}$ cfu g^{-1} 至 $10^{5.8}$ cfu g^{-1}；種植轉基因與非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的溶磷酸鈣細菌族群數在試驗進行第一個月至第二個月內分別由 $10^{5.1}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.1}$ cfu g^{-1} 增加爲 $10^{5.5}$ cfu g^{-1} 至 $10^{5.6}$ cfu g^{-1}，在第三個月後溶磷酸鈣細菌族群數分別維持在 $10^{5.4}$ cfu g^{-1} 至 $10^{5.7}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.5}$ cfu g^{-1} 至 $10^{5.6}$ cfu g^{-1} (圖 3)。

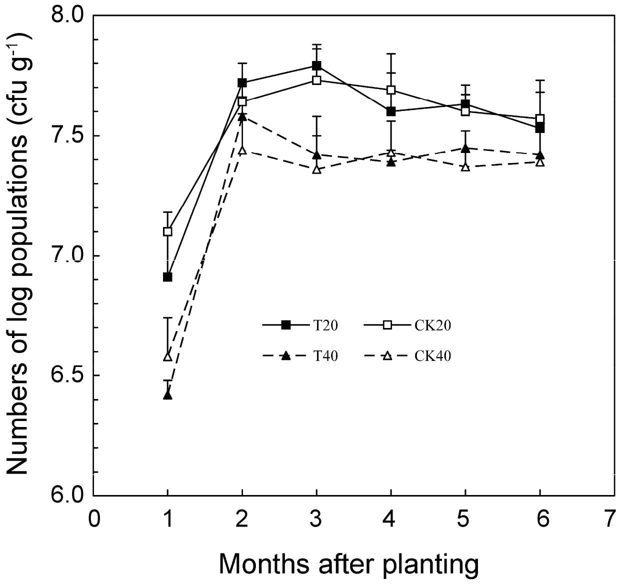


圖 1. 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤總細菌族群數之變動。

Fig. 1. Changes of total bacterium populations of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas. T20: 0-20 cm deep soil planted with transgenic papaya; CK20: 0-20 cm deep soil planted with non-transgenic papaya; T40: 20-40 cm deep soil planted with transgenic papaya; CK40: 20-40 cm deep soil planted with non-transgenic papaya.

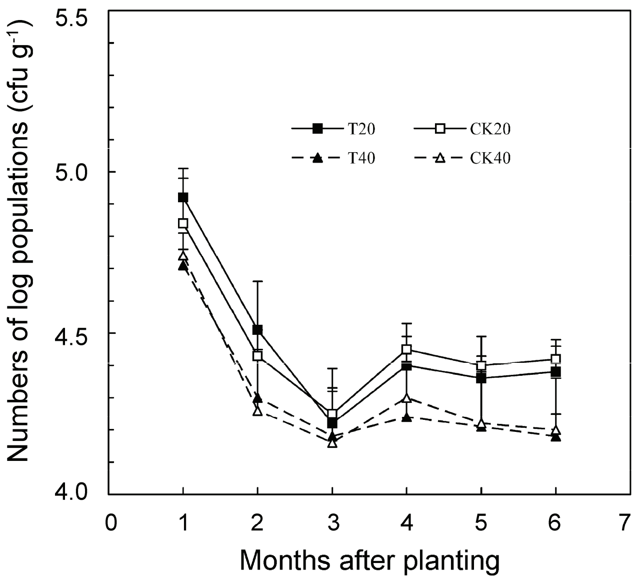


圖 2. 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤總真菌數之變動。

Fig. 2. Changes of total fungi populations of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas.

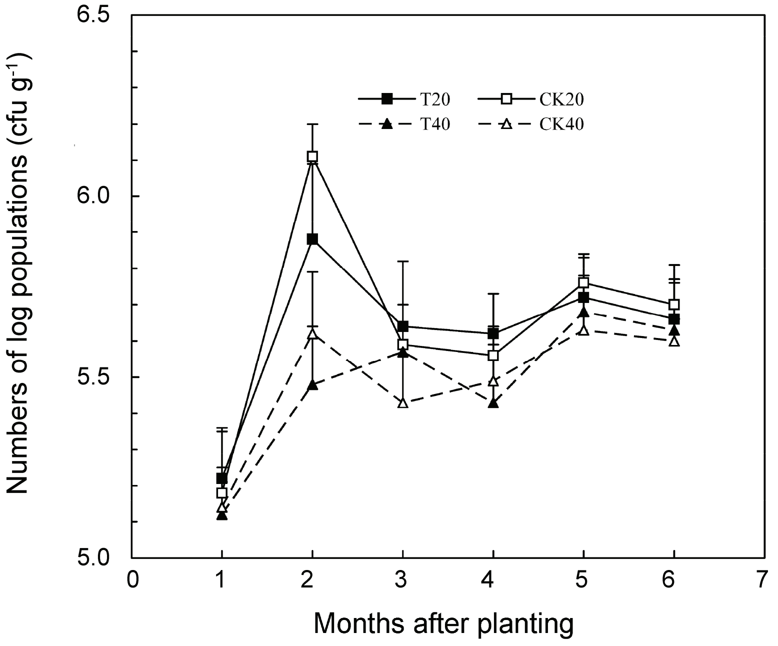


圖 3. 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤溶磷酸鈣細菌族群數之變動。

Fig. 3. Changes of calcium phosphate-solubilizing bacterium populations of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas.

游離固氮細菌族群數的比較：種植轉基因木瓜及非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的游離固氮細菌族群數在試驗進行第一個月至第二個月內分別由 $10^{6.1}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.9}$ cfu g^{-1} 增加至 $10^{6.5}$ cfu g^{-1} 及 $10^{6.3}$ cfu g^{-1}，第三個月時減少爲 $10^{6.1}$ cfu g^{-1} 與 $10^{6.1}$ cfu g^{-1}，第三個月至第五個月內則有回升的趨勢，第五個月時游離固氮細菌族群數分別爲 $10^{6.3}$ cfu g^{-1} 與 $10^{6.3}$ cfu g^{-1}，第五個月至第六個月內菌數變動小；種植轉基因木瓜及非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的游離固氮細菌族群數在試驗進行第一個月至第二個月內分別由 $10^{5.8}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.7}$ cfu g^{-1} 增加至 $10^{6.2}$ cfu g^{-1} 及 $10^{6.2}$ cfu g^{-1}，第二個月至第四個月內游離固氮細菌族群數減少，第四個月至第五個月內分別由 $10^{5.7}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.8}$ cfu g^{-1} 回升至 $10^{6.1}$ cfu g^{-1} 與 $10^{6.0}$ cfu g^{-1}，第五個月至第六個月內菌數變動很小 (圖 4)。

蛋白分解細菌族群數的比較：種植轉基因及非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的蛋白分解細菌族群數於試驗進行第一個月至第三個月內分別由 $10^{5.8}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.7}$ cfu g^{-1} 減少至 $10^{5.7}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.7}$ cfu g^{-1}，試驗進行第四個月時蛋白分解細菌族群數分別稍爲回升與減少，第五個月時分別減少爲 $10^{5.6}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.6}$ cfu g^{-1}，第五個月至第六個月內則變動小；種植轉基因木瓜與非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的蛋白分解細菌族群數於試驗進行第一個月至第二個月內分別由 $10^{5.6}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.5}$ cfu g^{-1} 減少爲 $10^{5.3}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.2}$ cfu g^{-1}，第二個月至第四個月有回升趨勢，於第四個月時蛋白分解細菌族群數分別爲 $10^{5.4}$ cfu g^{-1} 與 $10^{5.5}$ cfu g^{-1}，第四個月至第六個月內則變動較小 (圖 5)。

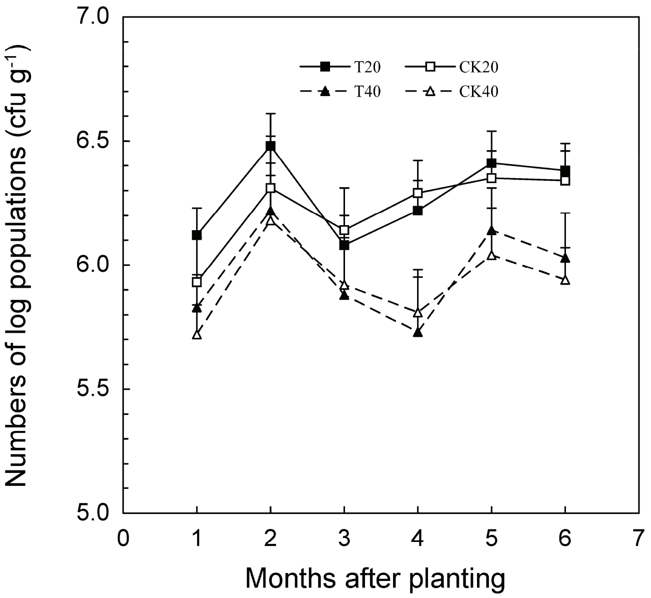


圖 **4.** 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤游離固氮細菌族群數之變動。

Fig. 4. Changes of free living nitrogen-fixing bacterium populations of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas.

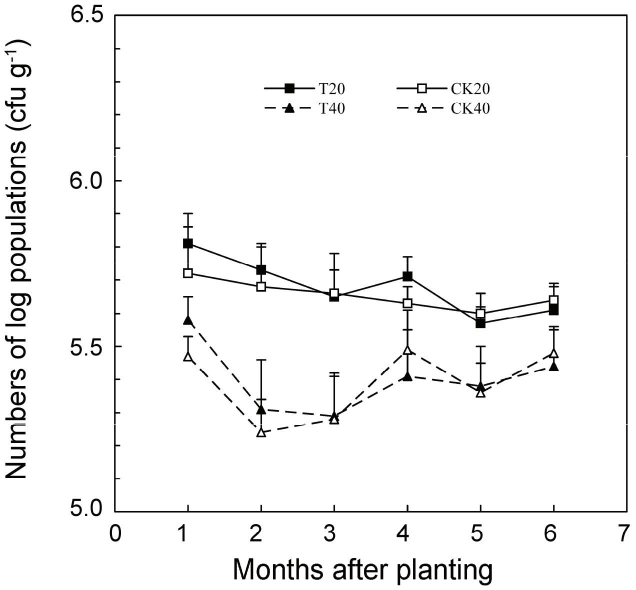


圖 **5.** 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤蛋白分解細菌族群數之變動。

Fig. 5. Changes of protease bacterium populations of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas.

土壤之有效性養分濃度的比較

種植轉基因及非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的有效性氮濃度，於試驗進行第一個月至第二個月內分別由 56 mg kg^{-1} 與 63 mg kg^{-1} 減少爲 41 mg kg^{-1} 與 38 mg kg^{-1}，第三個月時大幅增加爲 192 mg kg^{-1} 與 184 mg kg^{-1}，第三個月後則隨時間逐漸減少，至第六個月時分別爲 135 mg kg^{-1} 與 142 mg kg^{-1}；種植轉基因及非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的有效性氮濃度於試驗進行第一個月至第二個月內分別由 74 mg kg^{-1} 與 92 mg kg^{-1} 減少爲 51 mg kg^{-1} 與 63 mg kg^{-1}，第三個月時大幅增加爲 179 mg kg^{-1} 與 156 mg kg^{-1}，第三個月後隨時間逐漸減少，至第六個月時分別爲 103 mg kg^{-1} 與 109 mg kg^{-1} (圖 6)。

於試驗進行第一個月至第二個月內，種植轉基因與非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的有效性磷濃度變動小，第三個月時分別快速增加爲 34 mg kg^{-1} 與 32 mg kg^{-1}，第三個月至第六個月內則逐漸減少，至第六個月時爲 28 mg kg^{-1} 與 26 mg kg^{-1}；種植轉基因與非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的有效性磷濃度，於第一個月至第二個月內亦變動很小，第二個月至第三個月內分別由 18 mg kg^{-1} 與 17 mg kg^{-1} 增加至 22 mg kg^{-1} 與 21 mg kg^{-1}，第四個月至第六個月內則變動很小 (圖 7)。

種植轉基因及非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的有效性鉀濃度於試驗進行第一個月至第二個月內變動不大，第二個月至第三個月時快速增加，分別由 53 mg kg^{-1} 與 48 mg kg^{-1} 增加至 288 mg kg^{-1} 與 269 mg kg^{-1}，第三個月後逐漸減少，至第六個月時分別爲 215 mg kg^{-1} 與 206 mg kg^{-1}；種植轉基因及非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的有效性鉀濃度於試驗進行第一個月至第二個月內亦變動不大，第二個月至第三個月內分別由 55 mg kg^{-1} 與 79 mg kg^{-1} 增加爲 165 mg kg^{-1} 與 159 mg kg^{-1}，第三個月後亦逐漸減少，至第六個月時分別爲 89 mg kg^{-1} 與 102 mg kg^{-1} (圖 8)。

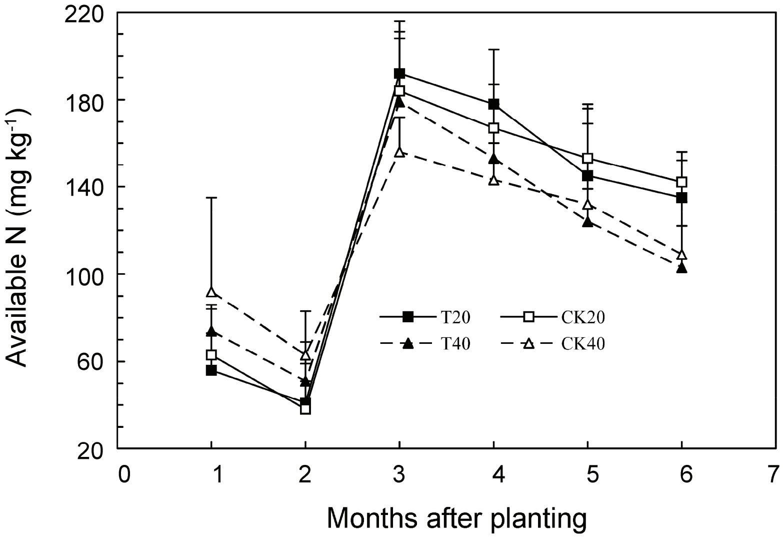


圖 6. 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤有效性氮濃度之變動。

Fig. 6. Changes of available nitrogen concentrations of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas.

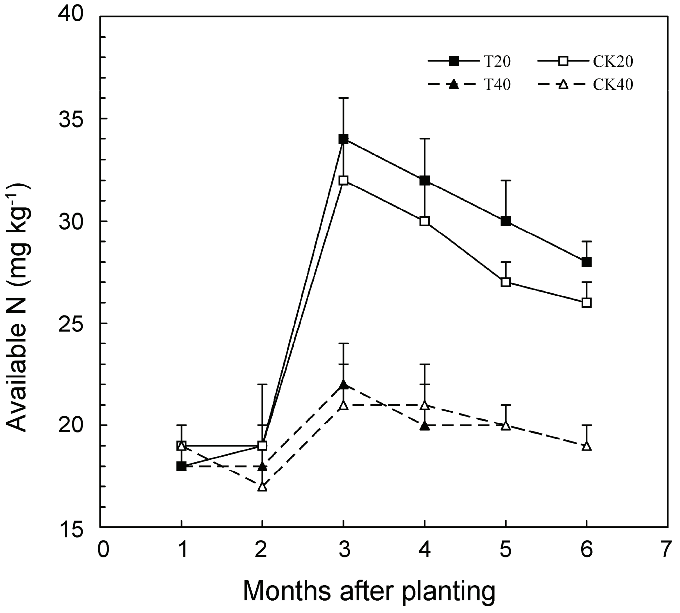


圖 7. 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤有效性磷濃度之變動。

Fig. 7. Changes of total available phosphate concentrations of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas.

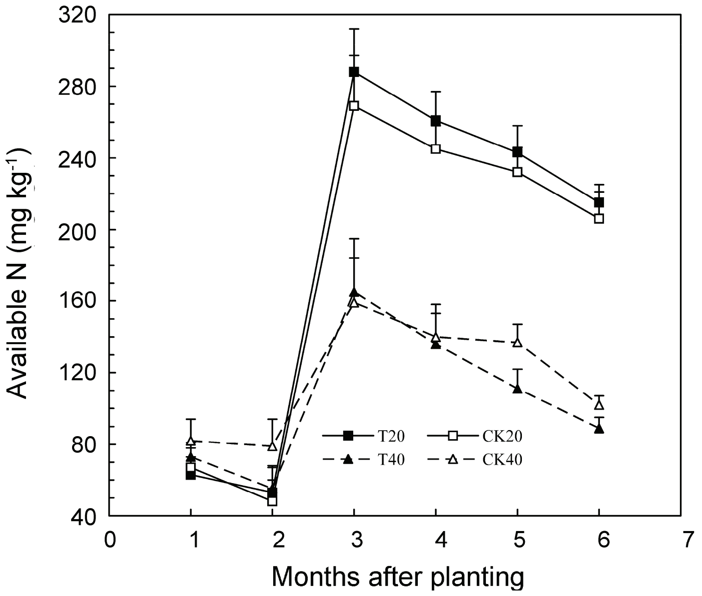


圖 8. 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤有效性鉀濃度之變動。

Fig. 8. Changes of available potassium concentrations of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas.

土壤 pH 值與電導度之比較

種植轉基因及非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的 pH 值於試驗進行第一個月至第二個月內變動小，第二個月後逐漸下降，下降幅度以第二個月至第三個月內最大，分別爲 0.58 個與 0.40 個 pH 值單位，至第六個月時 pH 值分別下降爲 5.61 與 5.73；種植轉基因及非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的 pH 值於試驗進行第一個月至第二個月內變動小，第二個月後亦逐漸降低，下降幅度亦以第二個月至第三個月內最大，分別爲 0.41 個與 0.44 個 pH 值單位，至第六個月時 pH 值分別下降爲 5.64 與 5.63 (圖 9)。

於試驗進行第一個至第二月內，種植轉基因及非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的電導度值分別由 0.69 dS m^{-1} 與 0.63 dS m^{-1} 下降爲 0.48 dS m^{-1} 與 0.50 dS m^{-1}，第二個月至第三個月內大幅增加，第三個月時的電導度值爲 1.31 dS m^{-1} 與 1.38 dS m^{-1}，第四個月後則維持平穩，分別介於 1.24 dS m^{-1} 至 1.30 dS m^{-1} 及 1.20 dS m^{-1} 至 1.24 dS m^{-1} 之間；種植轉基因及非轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的電導度值於試驗進行第一個月至第二月內，分別由 0.73 dS m^{-1} 與 0.78 dS m^{-1} 降低爲 0.68 dS m^{-1} 與 0.64 dS m^{-1}，第二個月至第三個月內大幅增加，第三個月時的電導度值分別爲 1.48 dS m^{-1} 與 1.42 dS m^{-1}，第四個月後維持平穩，介於 1.23 dS m^{-1} 至 1.35 dS m^{-1} 及 1.27 dS m^{-1} 至 1.37 dS m^{-1} 之間 (圖 10)。

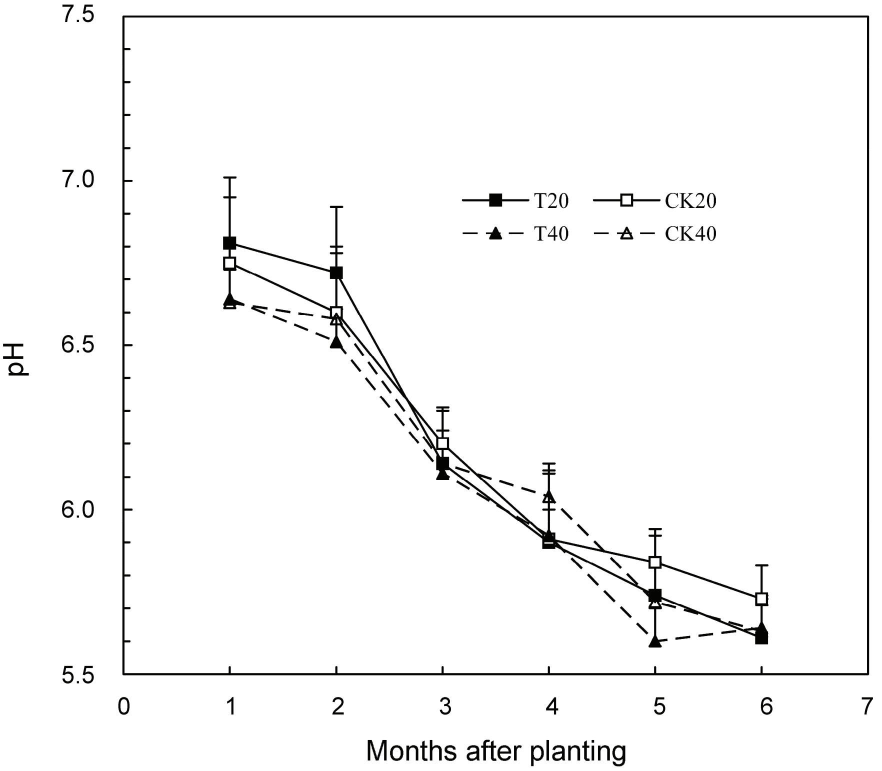


圖 9. 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤 pH 值之變動。

Fig. 9. Changes of pH values of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas.

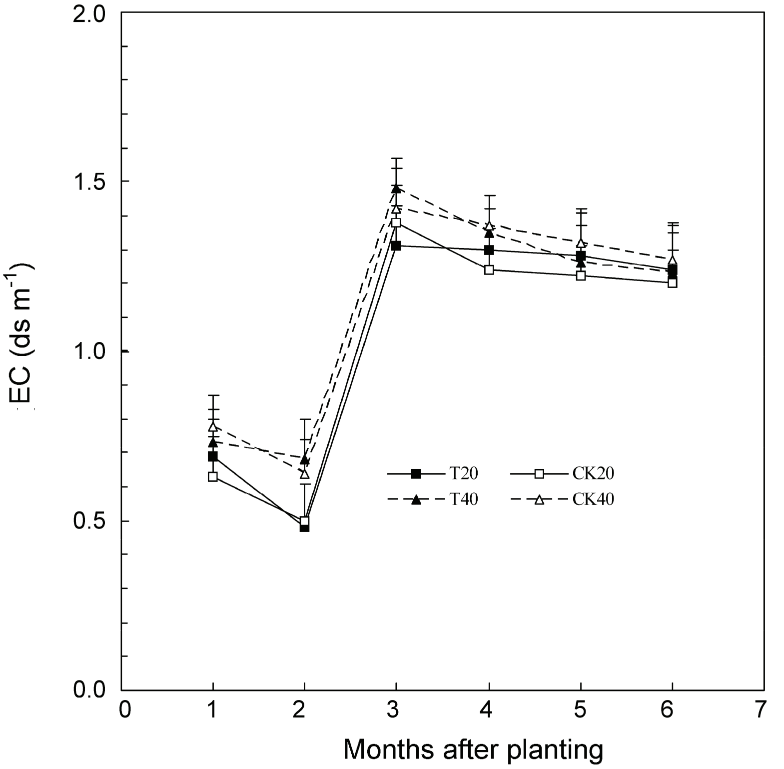


圖 10. 種植轉基因及非轉基因木瓜土壤電導度值之變動。

Fig. 10. Changes of electrical conductivity values of soils planted with transgenic and non-transgenic papayas.

討 論

雖然種植轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的總細菌、真菌、溶磷酸鈣細菌、游離固氮細菌及蛋白分解細菌族群數，分別於試驗進行第一個月與第四個月、第四個月至五個月、第二個月與第四個月至第五個月、第一個月及第四個月時，皆比種植非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤者的族群數少；種植轉基因木瓜 0-40 cm 深土壤的總細菌、真菌、溶磷酸鈣細菌、游離固氮細菌及蛋白分解細菌的族群數，分別於試驗進行第一個月、第四個月與第五個月、第二個月、第一個月及第四個月與第六個月時，皆比種植非轉基因木瓜 0-40 cm 深土壤者的族群數少。但把試驗期間種植轉基因與非轉基因木瓜土壤的總細菌族群數、真菌族群數、溶磷酸鈣細菌族群數、游離固氮細菌族群數及蛋白分解細菌族群數，分別兩相統計比較，兩者族群數之間的差不超過 10 倍，且差異是不顯著 (t-test, $p<0.05$)。

大致而言，土壤在種植木瓜後第一個月至第二個月內，總細菌、溶磷酸鈣細菌及游離固氮細菌族群數皆有增加的趨勢，此與一般作物根系快速伸展生長，根部會釋出有機分泌物 (Griffiths *et al.* 1999; Kato *et al.* 1997; Lugtenberg *et al.* 1999; Pieta & Patkowska 2001) 供微生物吸收利用有關，而蛋白分解細菌族群數的變動不大以及總真菌族群數則反而隨時間而減少。試驗期間，種植

木瓜 0-20 cm 深土壤之總細菌、總真菌、溶磷酸鈣細菌、游離固氮細菌及蛋白分解細菌族群數皆比 20-40 cm 深土壤者爲多，此與一般耕地表土的微生物族群數比底土者多的情形相符合 (Doran *et al.* 1987)。

種植轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤的有效性氮濃度、有效性磷濃度、有效性鉀濃度、pH 值及電導度值，分別於試驗進行第一個月與第五個月、第一個月與第二個月、第一個月與第三個月時、第三個月與第五個月至第六個月及第二個月與第三個月，皆比種植非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤者低；種植轉基因木瓜 20-40 cm 深土壤的有效性氮濃度、有效性磷濃度、有效性鉀濃度、pH 值及電導度值，分別於試驗進行第六個月、第一個月與第四個月、第一個月至第二個月與第四個月至第六個月、第二個月與第四個月至第五個月及第一個月與第四個月至第六個月時，皆比種植非轉基因木瓜 0-20 cm 深土壤者低。但以統計方法分別比較種植轉基因木瓜土壤與種植非轉基因木瓜土壤的有效性氮濃度、有效性磷濃度、有效性鉀濃度、pH 值及電導度值，顯示於試驗進行期間兩者之間的差異是不顯著 (t-test, $p<0.05$)。

試驗進行第一個月至第二個月內 0-20 cm 深土壤之有效效性氮、磷及鉀濃度及電導度測值皆低於 20-40 cm 深土壤者，表示木瓜根系自表土所吸的有效養分量大於自底土者；試驗進行第二個至第三個月內，盆栽土壤的有效性氮、磷及鉀濃度皆大幅增加，與在試驗進行第 70 days 時每盆土壤施用台肥一號追肥有關；試驗進行第三個月後，土壤中的有效性氮、磷及鉀濃度以及電導度測值逐漸減低，此結果和木瓜因持續生長，由根部自土壤中吸取養分供木瓜植株利用有關；試驗期間，土壤的 pH 值隨時間而變低，其原因爲木瓜隨時間根部生長愈旺盛，根部分泌有機酸量愈多 (Griffiths *et al.* 1999; Kato *et al.* 1997) 而使土壤的 pH 值降低。

結　　論

試驗期間種植抗輪點病毒轉基因木瓜土壤的總細菌、總真菌、溶磷酸鈣細菌、游離固氮細菌及蛋白分解菌族群數以及土壤有效性氮、有效性磷與有效性鉀濃度及 pH 值與電導度值雖然與種植非轉基因木瓜土壤者不完全相同，但兩相比較的結果則差異皆不顯著 (t-test, $p<0.05$)，但長期種植後之結果有待深入探討研究。

引用文獻 (Literature cited)

Bremner, J. M. 1965. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite determined by micro-diffusion methods. p.1206-1212. *in*: Methods of Soil Analysis Part 2. (Black, C. A, D. D. Evans, L. E. Ensminger, J. L. White, and F. E. Clark, eds.) Am. Soc. Agron. Wisconsin, USA.

Chang, I. H. 1981. Current soil testing methods in Taiwan. p.9-15. *in*: Diagnosis for the Requirement of Plant Nutrition. Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

Cheng, Y. H., J. S. Yang, and S. D. Yeh. 1996. Efficient transformation of papaya by coat protein gene of papaya ring spot virus mediated by *Agrobacterium* following liquid-phase wounding of embryogenic tissues with carborundum. Plant Cell Rep. 16:127-132.

Doran, J. W., D. G. Fraser, M. N. Culik, and W. C. Liebhardt. 1987. Influence of alternative and conventional agricultural management on soil microbial processes and nitrogen availability. Am. J. Altern. Agric. 2(3):99-106.

Griffiths, B. S., K. Ritz, N. Ebblewhite, and G. Dobson. 1999. Soil microbial community structure: effects of substrate loading rates. Soil Biol. Biochem. 31(1):145-153.

Jacks, T. J., A. J. De Lucca, K. Rajasekaran, K. Stromberg, and K. H. van. 2000. Antifungal and peroxidative activities of nonheme chloroperoxidase in relation to transgenic plant protection. J. Agric. Food Chem. 48(10):4561-4564.

Kato, OK., Y. Arima, and H. Hirata. 1997. Effect of exudates released from seeds and seedling roots of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on proliferation of *Rhizobium* sp. (Phaseolus). Soil Sci. Plant Nutri. 43(2):275-283.

Krimsky, S. and R. P. Wrubel. 1996. Agricultural biotechnology and the environment. Univ. Illinois Press USA. 294 pp.

Li, M. and S. L. Wang. 1992. Cloning and characterization of *groEL* operon from *Bacillus subtilis*. J. Bact. 174:3981-3992.

Lugtenberg, B. J., L. V. Kravchenko, and M. Simons. 1999. Tomato seed and root exudate sugars: composition, utilization by *Pseudomonas* biocontrol strains and role in rhizosphere colonization. Environ. Microbiol. 1(5):439-446.

McKersie, B. D., J. Murnaghan, K. S. Jones, and S. R. Bowley. 2000. Iron-superoxide dismutase expression in transgenic alfalfa increases winter survival without a detectable increase in photosynthesis oxidative stress tolerance. Am. Soc. Plant Physiol. 122(4):1427-1437.

Pieta, D. and E. Patkowska. 2001. Effect of root exudates of various plants on composition of bacteria and communities with special regard to pathogenic soil-borne fungi. Acta Agrobot. 54(1):95-104.

Punja, Z. K. 2001. Genetic engineering of plants to enhance resistance to fungal pathogens - a review of progress and future prospects. Can. J. Plant Pathol. 23(3):216-235.

Reedy, M. S., S. A. Ghabrial, C. T. Redmond, R. D. Dinkins, and G. B. Collins. 2001. Resistance to Bean pod mottle virus in transgenic soybean lines expressing the capsid polyprotein. Phytopathology 91(9):831-838.

Subba Rao, N. S. 1982. Phosphate solubilization by soil microorganisms. p.295-603. *in*: Advances in Agricultural Microbiology. (Subba Rao, N. S., ed.) Butterworth Co. Ltd. London.

Tchan, Y. T. and B. N. Peter. 1983. Key to the genera of the family *Azotobacteraceae*. p.220-223. *in*: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Volume 1. (Krieg, N. R. and H. G. John, eds.) William ＆ Wilkins Co. Ltd. Baltimore, U. S. A.

Vries, J. D., P. Meier, and W. Wackernagel. 2001. The natural transformation of the soil bacteria *Pseudomonas stutzeri* and *Acinetobacter* sp. by transgenic plant DNA strictly depends on homologous sequences in the recipient cells. FEMS Microbiol. Lett. 195(2):211-215.

Xiao, X. W., P. W. G. Chu, M. J. Frenkel, L. M. Tabe, D. D. Shukla, P. J. Hanna, T. J. V. Higgins, W. J. Muller, and C. W. Ward. 2000. Antibody-mediated improved resistance to ClYVV and PVY infections in transgenic tobacco plants expressing a single-chain variable region antibody. Mol. Breeding 6(4):421-431.

Environmental Safety Assessment of Transgenic Virus Resistant Papaya - I. The differences of soil microbial population and available nutrients concentration[1]

Shiuan-Yuh Chien[2,3], Hsin-Der Sih[2], Chien-Yih Lin[2], Ming-Hui Chang[2], and Pan-Chi Liuo[2]

Abstract

Chien, S. Y., H. D. Sih, C. Y. Lin, M. H. Chang, and P. C. Liuo. 2008. Environmental safety assessment of transgenic virus resistant papaya - I. The differences of soil microbial population and available nutrients concentration. J. Taiwan Agric. Res. 57:49-62.

Transgenic (anti-papaya ring spot virus, Anti-PRSV) and non-transgenic papaya were planted randomLy in pot soil within the net house of Agricultural Research Institute, COA. Soil was sampled once a month to determine soil microbial populations and available nutrient concentrations. Experimental results showed total bacterium populations of soils increased with time between first and second months and hardly changed from second to sixth months, and total fungi populations of soils decreased with time between first and third months and hardly changed from fourth to sixth months. 0-20 cm deep soils had higher microbial populations and available nutrient concentrations than those of 20-40 cm deep soils. The microbial populations including total bacteria, total fungi, free living nitrogen-fixing bacteria, phosphate-solubilizing bacteria and protease bacteria, and soil monitoring factors, such as available nitrogen, phosphate and potassium, pH and electrical conductivity were not significantly different between transgenic and non-transgenic papaya by t-test ($p<0.05$).

Key words: Transgenic papaya, Papaya ring spot virus (PRSV), Soil microbial populations, Soil available nutrients.

---

1. Contribution No.2311 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: March 12, 2008.

2. Respectively, Senior Researcher, Division of Agricultural Chemistry, Associate Researcher, Division of Plant Pathology, General Director of ARI, Assistant Researcher, Division of Agricultural Chemistry, Former Researcher, Division of Horticulture, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, e-mail: sychien@wufeng.tari.gov.tw, Fax: (04)23320805.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 57(1):63-73 (2008)

東方果實蠅小面積區域防治模式研究 (二) 柑橘園之測試[1]

黃毓斌[2] 高靜華[2,4] 江明耀[2] 鄭允[2] 李木川[3]

摘　　要

黃毓斌、高靜華、江明耀、鄭允、李木川。2008。東方果實蠅小面積區域防治模式研究 (二) 柑橘園之測試。台灣農業研究 57:63-73。

柑橘為台灣重要水果產業，栽培面積逾 32,000 ha，長久以來受東方果實蠅 *Bactrocera dorsalis* (Hendel), Oriental fruit fly 之威脅。為有效防治東方果實蠅，農試所於 2000 年透過台美農業合作計畫，自夏威夷引進「區域防治」觀念，促成防治工作的轉型。本研究選定嘉義縣大林鎮芎蕉山進行，測試「區域防治」是否可應用於本省小面積柑桔果園，此區為典型柑橘單作，面積約 400 ha，主要種植葡萄柚、甜橙、椪柑及茂谷柑，其它果樹甚少。本所與大林鎮農會合作，整合芎蕉山地區同一產銷班成員約 40 人，參與防治工作。工作內容是藉由密度監測，搭配誘雄、滅雌等技術以及落實田間清潔等措施，進行區域防治工作。整個時期分成兩階段，第一階段自 2005 年 7 月起開始防治，各措施即能有效降低東方果實蠅密度，至 2006 年 2 月寄主水果產季結束，工作期大約共 8 個月；依據第 1 年實施的經驗，第二階段防治工作更提前於 6 月開始實施，將高峰期的密度由第一年 18 隻/陷阱/天，降低至 1 隻/陷阱/天；經由連續 2 年的田間監測資料判別顯示，(1) 本區並無密度熱點存在；(2) 全區果園管理良好，且無外來果實蠅族群再入侵之問題；(3) 在落實「區域防治」工作後，有效的壓制果實蠅密度，即使未實施果實套袋保護，受害率僅約 0.35%；(4) 農民主動停止使用農藥防治果實蠅，每年節省農藥成本新台幣約 140 萬元 (美金約 4 萬 3 千元)，除提昇栽培環境的安全外，亦減少收穫果實之農藥殘留問題。由本研究中更瞭解生產組織辦理共同防治時，其經濟利益的誘因是「區域防治」成功的重要條件，此柑橘園區域防治成功的模式對本省廣大的柑橘生產區及其他果樹栽培區具指標性的意義，未來若能擴大田間示範觀摩及加強宣導應用，可積極提升水果產業的產值。

關鍵詞：區域防治、東方果實蠅、柑橘、小面積模式。

前　　言

雲嘉南地區柑橘類栽培面積廣大，其中椪柑之產量佔台灣的 50-55%，而甜橙產量約佔台灣 90% (Taipei Agricultural Products Marketing Cooperation 2004-2005)，惟因長期受東方果實蠅 *Bactrocera*

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2312 號。接受日期：97 年 3 月 27 日。
2. 本所應用動物組助理研究員、副研究員、助理研究員及研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 植物防疫組病蟲害管理科科長。台灣 台北市。
4. 通訊作者，電子郵件：chkao@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23309097。

dorsalis (Hendel) 之危害，農民於採果期仍需噴灑農藥保護果品不受危害，不僅增加生產成本，更直接影響水果之安全品質。農業試驗所及動植物防疫檢疫局爲降低東方果實蠅之威脅，自 2000 年起與美國夏威夷之果實蠅防治研究團隊合作 (Cheng *et al*. 2002)，於台東地區約 15,000 ha 釋迦栽培區進行大面積之「區域防治」測試 (Cheng *et al*. 2003, 2005; Vargas *et al*. 2006)。但台灣之果園多屬小面積栽培區，是否亦能符合 Lindquist (2000) 闡述「區域防治」之定義而有待測試，尤其小區域受周圍之影響遠較大區域爲甚，常有區外害蟲再侵入問題，除非有良好的環境隔離條件否則不易收效。

嘉義縣大林鎮苧蕉山之柑橘栽培區面積約 400 ha，作物種類單純，主要爲芸香科之葡萄柚、甜橙、椪柑、茂谷柑等柑橘類作物，少有其它屬東方果實蠅寄主之雜果，且具備良好的地理隔離條件，經評估後認爲可以試測「小面積」模式「區域防治」，比照嘉義縣梅山鄉圳南蓮霧栽培區之全區辦理方式 (Chiang *et al*. 2007)，不設置緩衝帶保護或空間預警。本研究藉由：(1) 組織農民進行協同防治；(2) 監測全區東方果實蠅之密度；(3) 水果產期前二個月即開始以含毒甲基丁香油誘劑「滅雄」至產期結束爲止；(4) 發動農民進行果園清潔等措施，並評估區域防治的效益及可行性。

材料與方法

防治區地理資訊及生產栽培概況

嘉義縣大林鎮中坑里轄區海拔高度介於 40-164 m 之間，爲國道 3 號所貫穿，西半部地形以平原爲主，東半部則屬低海拔山坡地。苧蕉山地區位於中坑里東南角 (圖 1 紅線內)，海拔高度 70-150 m，北以葉子寮溪爲界，南至三疊溪，東至竹崎鄉界，西至國道 3 號。

苧蕉山栽培的主要經濟作物爲柑橘類果樹，占當地作物產量的 99.4%，除外僅有少量龍眼及荔枝 (圖 2)。柑橘類的產期長達 7 個月，自每年 8 月葡萄柚採收期開始，銜接甜橙、椪柑及茂谷柑，在翌年 3 月結束。

組織訓練及防治觀摩

「區域防治」示範工作由大林鎮農會整合苧蕉山地區柑橘產銷班及中坑里民共約 40 人參與，防治區涵蓋面積達 400 ha，其中柑橘栽培面積約 140 ha。

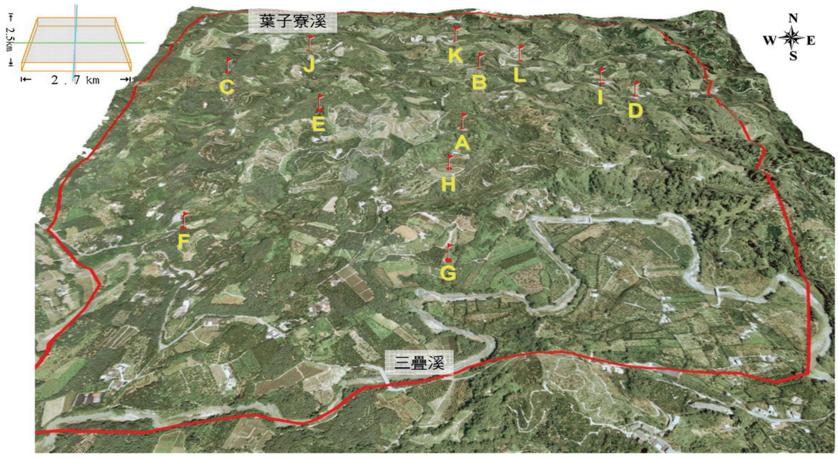
2005 年 5 月由農業試驗所協助規劃防治區，於 6 月 20 日辦理訓練說明會，指導農民正確防治觀念及資材操作技術，並遴選 12 位產銷班班員負責果實蠅密度監測及防治技術宣導等工作。7 月中旬即正式展開監測與防治，並透過定期班會檢討區域防治之各項工作執行狀況。同年 10 月 12 日配合台美合作計畫之美方人員參訪，舉辦觀摩會展示防治成果，並邀請縣政府、農會、改良場及鄰近農民共同參與。

2006 年持續辦理區域防治測試，於 6 月初產銷班會議時確認當年度防治時程及人員組織後，比照前一年之方式進行。

成蟲密度監測

密度監測工作規劃方式，以農試所購置之嘉義縣大林鎮苧蕉山地區航空正射影像圖 (群立科技股份有限公司之群立數位大地影像 GeoTAIWAN 系列產品，比例 1/5000，圖幅編號：95203064、95203065、95203066、95203073、95203074、95203075)，透過地理資訊軟體 (Mapinfo 7.0，九福

科技公司) 展現相關地理位置，再以虛擬實境軟體 (Landgene Scaper 3.80) 將地理資訊圖轉換爲 3D 立體圖層。透過投影銀幕播放，讓農民瞭解區域空間分布及地形差異，選定適當之密度監測點位置 (Su *et al*. 2003)。完成監測點設置後，再利用衛星定位儀 (GARMIN GPSVT) 將 12 處密度監測點詳細位置標定。



Monitoring site	Longitude	Latitude
A	200311	2606910
B	200381	2607441
C	199374	2607337
D	201004	2607293
E	199793	2607007
F	199482	2606316
G	200275	2606197
H	200271	2606650
I	200882	2607377
J	199655	2607604
K	200285	2607752
L	200565	2607599

圖 1. 嘉義縣大林鎮苧蕉山地區果實蠅密度監測點 (A-L) 地理分布立體地圖。

Fig. 1. The 3D geographic distribution of fruit fly monitoring sites (A-L) in Da-Lin, Chia-Yi county. (The monitoring sites were point coordinated by Transverse Mercator 2° projection with datum GRS67)

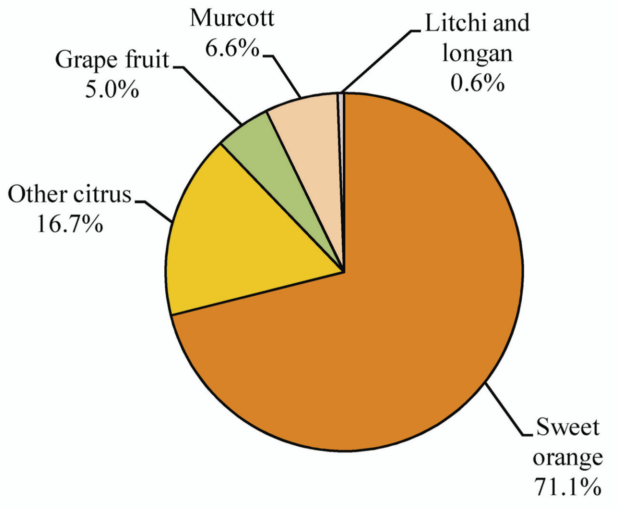


圖 2. 嘉義縣大林鎮苧蕉山地區主要果實蠅寄主作物分布比重。

Fig. 2. Ratio of major fruit production in the demonstration area of Da-Lin, Chia-Yi county.

監測用陷阱採用中改式誘蟲盒，盒內放置一片含毒甲基丁香油誘殺板 (5%乃力松與 90%甲基丁香油，大小 4.0 × 4.0 × 0.9 cm)，懸掛高度約 1.0-1.5 m。每 10 天計算誘殺之蟲數，交由農業試驗所進行統計分析，每個月更換一次誘殺板。第一階段果實蠅密度監測自 2005 年 7 月 13 日開始，至 2006 年 2 月柑橘產期結束，為期八個月。第二階段於 2006 年 7 月 13 日開始第 2 個年度的監測工作，至翌年 2 月柑橘產期結束止。

防治措施

滅雄防治：誘雄防治所需之含毒甲基丁香油藥液 (50 mL 瓶裝，主成份為 5%乃力松及 90%甲基丁香油)，係由動植物防疫檢疫局主辦之「作物有害生物整合性計畫」之瓜果實蠅共同防治工作項目下提供。誘蟲器 (長橢圓形，高 16 cm，中央寬度直徑 9 cm，具 2 個直徑 5 cm 之圓形開口) 每 ha 設置 4 個，內置浸漬含毒甲基丁香油藥液之棉片 (3.5 × 3.5 × 0.8 cm)。果園內誘蟲器由農民自行購置，公共區域由農業試驗所提供 300 個誘蟲器及 2500 片棉片供防治使用。第一年全區共計使用 800 瓶藥液。第二年滅雄防治工作提前於 6 月初開始至柑橘產期結束，9 個月期間共計使用 900 瓶藥液，並補充誘蟲器 150 個。

食物誘殺：針對果實蠅發生高峰期，點噴 10：1 稀釋之 0.02%賜諾殺濃餌劑 (GF-120) 誘殺雌蠅，果園區 140 ha 內，共計實施點噴 12 ha 量，使用量約計 40 L 稀釋量。

果園清潔：為防止果實蠅繼續孳生，在各密度監測點及集貨場周圍共設置 15 個有蓋圓形塑膠桶 (直徑 65 cm × 高 90 cm) 示範廢棄果收集裝置，果園內由農民自行設置及收集落果並定期清理。

被害率調查

2007 年 1 月於防治區中選取 3 處果園 (面積約 6 ha) 取樣調查受害率。每處果園逢機取樣 5 棵果樹，每棵逢機摘取樹上果 80 個 (平均重量約 12 kg)，三處果園合計採樣 1200 個 (約 180 kg)，攜回實驗室鏡檢計算果實被害率，每週重複一次，連續採樣 3 次。

效益評估

收集果實蠅發生密度、柑橘類水果產量、產銷價格、防治費用及農藥殘留檢測之相關資料，進行效益分析。並採用問卷方式，針對參與區域防治工作農民進行訪談，以瞭解農民對「區域防治」工作之接受度及感受，共發出 20 份，回收 17 份。

結　　果

本研究分兩階段進行，第一階段於 2005 年 6 月開始，勘定果實蠅密度監測點 12 處 (圖 1 A-L) 後，即由指定之 12 位農民專責密度監測工作，7 月 13 日開始每 10 天調查一次密度資料。由第一階段密度監測資料顯示，不同調查點誘蟲數有明顯的差異，變動範圍從 3 至 36 隻/陷阱/天，平均密度約 18 隻/陷阱/天 (圖 3A)，高密度期發生於 7-8 月，其走勢為單一高峰。實施滅雄防治後約 40 days (8 月 23 日) 起，田間東方果實蠅密度持續下降，至 10 月中旬時密度僅約 2 隻/陷阱/天，但不同調查點間差距不顯著。分析 2005 年個別監測點密度之變異係數 (標準差/平均值 × 100%, Coefficient of Variation) 結果均相當一致，顯示個別資料變異不大。於第二階段 (2006 年) 繼續辦理時，將防治工作重點鎖定在積極地降低 8 月間龍眼或其他寄主可能造成的果實蠅密度高峰，因此將滅雄工作提早於 6 月上旬即全面展開，有效的將果實蠅密度高峰降低到前一年的十分之一。田間

密度自 9 月起更降至僅約 1 隻/陷阱/天 (圖 3B)，防治效果較 2005 年更明顯，監測點資料特性與前一年相似 (變異係數約 1-2%)，惟峰度並不明顯，由於無其它寄主作物可助長其繁衍，族群長期維持於 2 隻/陷阱/天以下。

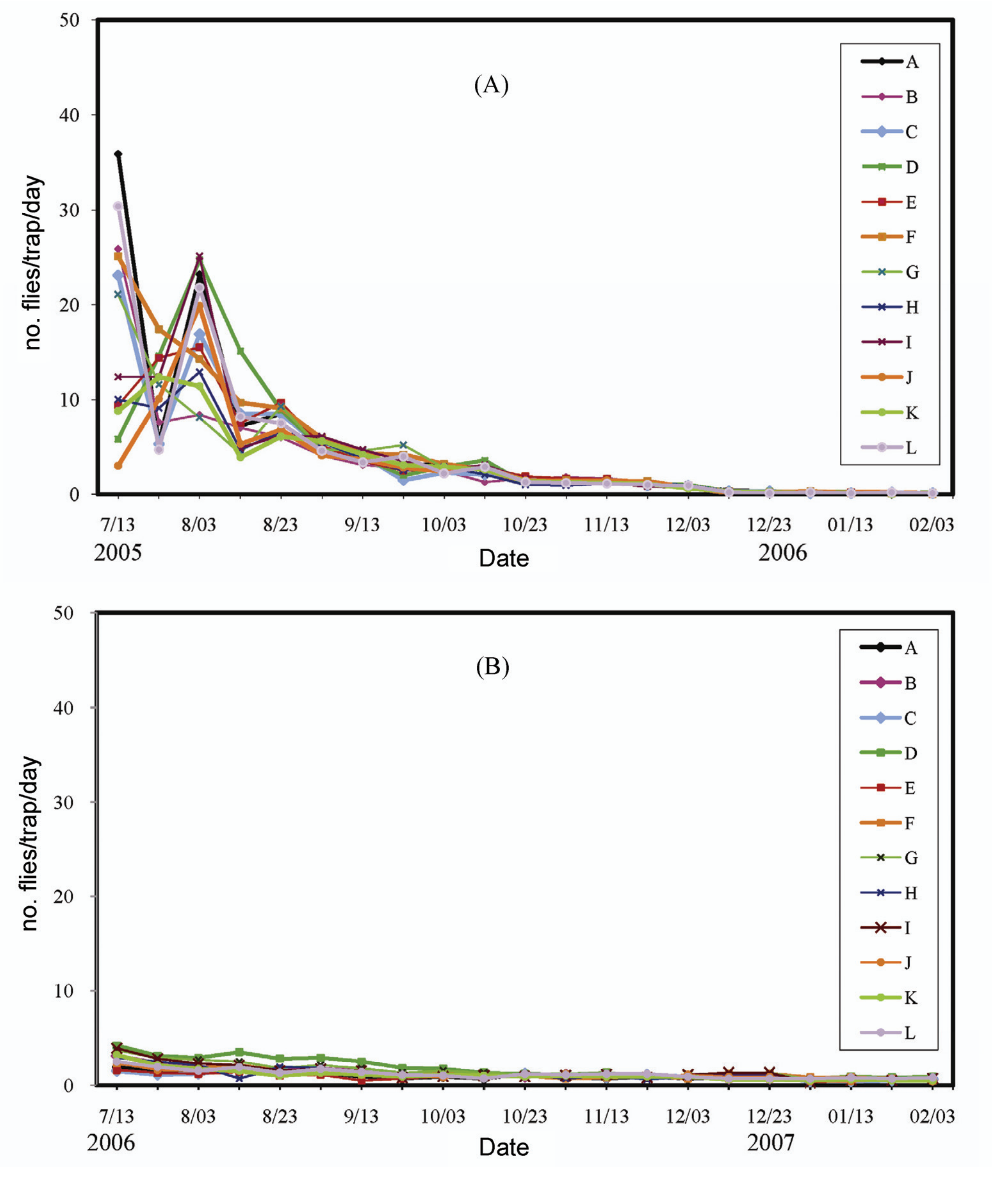


圖 3. 嘉義縣大林鎮芎蕉山 12 個監測點 (A-L) 之果實蠅密度消長情形。(A) 第一年；(B) 第二年。

Fig. 3. Oriental fruit fly density monitoring by 12 farmers (A-L) in Da-Lin, Chia-Yi county during. (A) First year, (B) Second year.

因連續兩年實施「區域防治」成效顯著，自 8 月下旬之後，果實蠅密度持續低於經濟防治水準，農民主動全面停止施用農藥防除果實蠅。在 9 月初甜橙等柑桔類水果產量逐漸進入高峰時，果實蠅密度亦未隨水果盛產而同步發生，顯示區域防治能有效壓制族群的增長 (圖 4)。期間葡萄柚及甜橙產量雖因 8 月 30 日「泰利」及 9 月 30 日「龍王」颱風 [中央氣象局颱風資料庫 (http://rdc28.cwb.gov.tw/data.php)] 侵襲造成落果而略爲下降，就經濟防治效益而言，2004 年農藥支出達新台幣 1,419,000 元 (相當於美金 44,343 元)，而 2005 年全區果實蠅防治費用支出僅新台幣 77,550 元 (相當於美金 2,423 元) (如表 1)，除減少防治費用約 134 萬元 (相當於美金 41,920 元)，同時節省施藥的人力成本，且收穫的甜橙經農藥殘毒快速檢驗篩檢均無農藥殘留反應，另依據嘉義縣政府 2005 及 2006 年針對柑桔類農產品農藥殘留抽驗，本區均無檢出農藥殘毒超過標準，大大提高果品的安全性。2006 年因政策性疏果，甜橙產量更較 2004 年減少 34%，但因市場供需造成價格上揚，整體柑橘總產值仍維持相同水準。除防治果實蠅費用 84,249 元外，果園清潔由農民主動清理無需額外花費，生產總成本比 2004 年降低 94%，因此總收益仍較 2004 年成長約 3.6%。

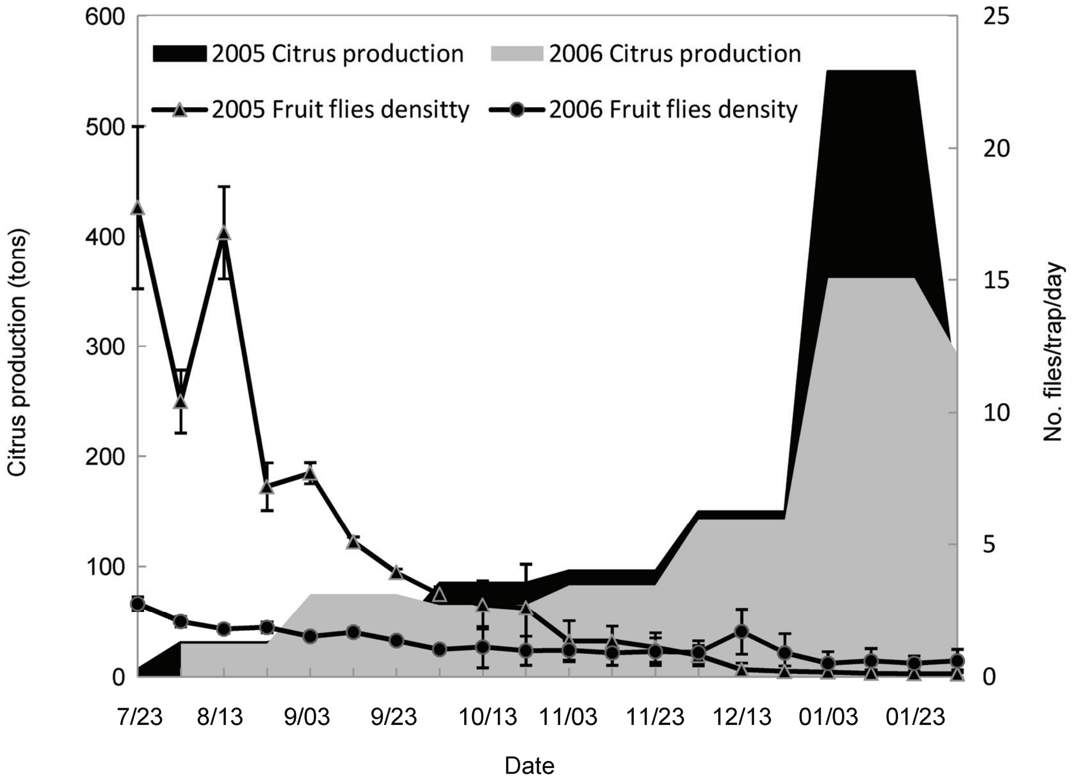


圖 4. 嘉義縣大林鎮芎蕉山柑橘類生產與果實蠅密度變化圖 (2005-2006)。

Fig. 4. Citrus production and oriental fruit fly density fluctuation in Da-Lin, Chia-Yi county during 2005-2006.

表 1. 嘉義縣大林鎮芎蕉山實施區域防治後與未實施前 (2004 年) 甜橙產量與防治成本之比較
Table 1. Citrus production and pest control cost in test area during 2004-2006

Items compared	2004	2005	2006	Difference 1st	Difference 2nd	Gain in NT dollars 1st	Gain in NT dollars 2nd
Yield							
Quantity, tons	1,595	1,200	1,050	-25.0% [z]	- 34.1% [y]		
Price per Kg, NT dollars	15.5	20.5	23.4	+32.0%	+15.0%		
Value, million NT dollars	24.74	24.55	24.60	-0.4%	-1.1%	-186,450	-136,950
Control expenses in NT dollars							
Pesticides	1,419,000	0 [x]	0	-94.5%	-94.1%	+1,341,450	+1,334,874
Male annihilation (Methyl eugenol + Naled)	0	66,000	82,170				
Food bait (GF-120)	0	9,900	2,079				
Field sanitation	0	1,650	0				

[z] Production reduced 25% due to typhoon.
[y] Production reduced due to thinning fruits.
[x] First time ever, no pesticide was applied and caused no residual hazard.

比對連續 2 年的密度調查結果，發現果實蠅密度高於全區平均值的調查點分布狀況並不顯著 (表 2)，顯示此地區之東方果實蠅族群發生呈均勻分布，無特殊熱點 (Hot spots) 存在，與嘉義縣梅山鄉圳南村的蓮霧防治區顯有不同 (Chiang *et al.* 2007)。雖然實施前尚未有果實受害率之資料，然經兩階段全面性區域防治後，於 2007 年盛產季節連續進行 3 次甜橙被害率調查，因東方果實蠅所造成之損失僅 0.35% (表 3)，較實施前訪談農民所述 60%之受害率有很大差異。

2007 年初柑橘產季結束進行工作檢討時，針對參與區域防治測試的農民進行問卷調查，每項題目依滿意度評等，分爲 5 級進行分析 (表 4)。受訪者對「大家一起來防治」的配合意願評分最高 (平均評分爲 4.24)，顯示此地區農民對果實蠅防治工作向心力強，具有一致的目標。在工作成效及水果產品品質方面，滿意度均達滿意等級 (評分爲 4.0)，表示農民對區域防治的成效具有正面的評價，且肯定對品質的提升有幫助。另就實施區域防治後農藥減量及節省人力費用方面，平均評分達到 4.0，農民對實施後減少農藥使用及節省防治成本有明顯的感受。對於防治技術資訊的瞭解僅達一般程度 (平均評分爲 3.0)，可能因本地區農民平均年齡偏高 (超過 55 歲)，對於防治技術未能深入瞭解。就整體問卷調查來看，受訪者對兩年來參與果實蠅區域防治工作給予正面評價 (總評分達到 4.03)，亦期望此工作能持續進行。

討　論

東方果實蠅是本省柑橘類水果生產的最大威脅，早年爲順利出口柑橘至日本，即開始實施東方果實蠅共同防治，歷經了滅雄、釋放不孕雄蠅、噴灑含毒蛋白質水解物等技術之變革 (Lee & Chang 1980; Chiu & Yang 1998)，仍無法達到滅絕東方果實蠅的目標。在難以將其滅絕的前提下，導入綜合害蟲管理 (Integrated pest management, IPM) 的理念，以管理代替絕滅而轉型爲「區域防治」是必要的方向。

表 2. 2005-2006 年嘉義縣大林鎭芎蕉山果實蠅密度監測結果

Table 2. Average OFF density in individual monitoring sites in Da-Lin, Chia-Yi county during 2005-2006

ID	2005 No. flies/trap/day (±SE)	Above average	2006 No. flies/trap/day (±SE)	Above average
A	16.0 ± 5.9	yes	1.4 ± 0.3	
B	11.0 ± 3.7	yes	2.1 ± 0.2	yes
C	12.5 ± 3.3	yes	1.4 ± 0.1	
D	13.8 ± 3.2	yes	3.3 ± 0.3	yes
E	11.3 ± 1.6	yes	1.3 ± 0.1	
F	15.1 ± 2.9	yes	1.9 ± 0.1	
G	10.9 ± 2.7		2.7 ± 0.1	yes
H	8.7 ± 1.4		2.0 ± 0.3	yes
I	12.2 ± 3.6	yes	2.5 ± 0.4	yes
J	9.0 ± 2.9		1.7 ± 0.2	
K	8.5 ± 1.6		1.9 ± 0.4	
L	14.5 ± 4.9	yes	1.8 ± 0.2	

表 3. 2007 年示範區甜橙被果實蠅爲害之受害率調查

Table 3. Survey of OFF infestation on sweet orange in 2007

Sampling date	% Infestation (No. damage fruit/total fruit inspected)			
	Orchard 1	Orchard 2	Orchard 3	Mean
Jan. 16th, 2007	0 (0/410)	0 (0/435)	0 (0/421)	0
Jan. 24th, 2007	0.25 (1/400)	2.50 (12/489)	0.23 (1/420)	0.99
Jan. 30th, 2007	0 (0/399)	0 (0/439)	0 (0/412)	0
Mean	0.08	0.88	0.08	0.33

表 4. 嘉義縣大林鎭芎蕉山實施區域防治後農民問卷調查結果 (滿意指數 1-5 分)

Table 4. Questionnaire on the area-wide control efficacies in a 5-point scale from growers in Da-Lin, Chia-Yi county

Questions	Rating obtained from 17 farmers [z]					Score
	5	4	3	2	1	
Are you satisfied with the results of OFF area-wide control program?	5	10	1	1	0	4.12
Your understanding of the area-wide control tactics is sufficient.	1	12	4	0	0	3.82
Are you willing to practice the area-wide control program?	6	9	2	0	0	4.24
Do you think the quality of harvested fruit improved in this program?	0	14	3	0	0	3.82
Did you reduce the cover spray after adapting area-wide control?	3	12	1	1	0	4.00
Did you gain financially after implementing the area-wide control?	5	10	2	0	0	4.18
Average rating						4.03

[z] 5: strong agree; 4: agree; 3: neither agree nor disagree; 2: disagree; 1: strong disagree.

根據兩年的果實蠅密度監測資料，可確認芎蕉山柑橘栽培區之東方果實蠅僅在 8 月份時會出現較高密度的單一高峰，由防治區作物組成及產季分析，此一高峰密度發生時尚未有柑橘類水果產出，可能來自於荔枝或龍眼生產末期的棄果所衍生之果實蠅新生族群。與區域防治實施前比較，農民訪談認爲往年受東方果實蠅爲害嚴重，受害率可高達 60%，雖然長期使用芬殺松及芬化利等農藥防治，但對果實的保護效果仍不佳。在實施全區滅雄 (Cunningham & Suda 1986)、果園清潔等工作後，將東方果實蠅密度大幅降低，無需再使用殺蟲劑防治果實蠅。在本試驗中亦發現，原先認爲東方果實蠅由防治區外再侵入的問題可能會嚴重影響防治成效，但實際測試顯示，雖然東方果實蠅具有強大的遷移能力，但在自然環境中是否有長距離遷移之誘因，也應列入考慮，由芎蕉山地區的防治成效可確認此一觀點。結合轄區內具有共同目標的產銷班員共同執行東方果實蠅之密度監測與防治，由農民自行組織參與工作，更能深切感受到掌握防治時機的必要性及害蟲密度降低的對經營管理成本的直接影響。

嘉義縣大林鎮芎蕉山之柑橘類作物栽植管理屬不套袋的粗放經營，以往蟲害管理均採化學防治爲主，經轉型測試區域防治策略後發現：(1) 東方果實蠅成蠅飛翔移動能力雖高，若無外在的誘因使其進行長距離的遷移，區外再侵入的威脅並不大；(2) 使用含毒甲基丁香油滅雄的效果在此地區得到良好印證，全面實施一個月後，果實蠅密度顯著降低；(3) 完善的密度監測系統，提供了害蟲發生動態及空間分布的最新資訊，而農民的直接參與更能立即掌握防治時機；(4) 全區作物均以柑橘類爲主，種類單純且栽培管理方式相近，在同步且全面的防治措施下，防治成效相當顯著。

芎蕉山柑橘生產區之作物環境符合 Lindquist 所提區域防治要件，經試驗單位與農民縝密規劃，結合具共同目標的農民組織，運用新科技規劃防治區，落實滅雄、滅雌及清園等防治措施，可減少農藥的施用。由 2005-2006 年芎蕉山地區執行「區域防治」的成效證明，基於經濟利益 (如增加收入及提升品質) 使農民願意主動參與，配合簡便有效的防治技術，確實可使東方果實蠅密度大幅降低，此一模式可爲未來其他柑橘產區或其他作物辦理「區域防治」的重要典範。

誌　　謝

本研究承蒙農委會台美農業科技合作「東方果實蠅之區域防治研究」計畫 (93 中美-1.4-合-01) 及動植物防疫檢疫局「有害生物整合性防治」計畫 (94-管理-3.1-植防-1 及 95 管理-3.1-植防-1) 經費補助；嘉義縣政府及大林鎮農會全力配合規劃與執行；柑橘產銷班黃錫清、林文正、倪慶煌、涂芳一、蔡慶順、葉金漳、陳成叢、陳進雄、許石胆、黃金玉、陳春全、張李章興等 12 位農友協助密度監測及防治測試等工作，謹致由衷謝忱。

引用文獻 (Literature cited)

Cheng, E. Y., Y. B. Hwang, C. H. Kao, and M. Y. Chiang. 2002. An area-wide control program for the oriental fruit fly in Taiwan. p.57-71. *in* the Proceeding of Symposium on Insect Ecology and Fruit Fly Management. Plant Prot. Soc. of the Republic of China Pub. Taichung, Taiwan, ROC. (in Chinese with English abstract)

Cheng, E. Y., C. H. Kao, M. Y. Chiang, and Y. B. Hwang. 2003. Modernization of oriental fruit fly control in Taiwan: the planning and execution of an area-wide control project. p.49-66. *in* the Proceeding of Symposium on Plant Protection Management for Sustainable Development: Technology and New Dimension. Plant Prot. Soc. of the Republic of China Pub. Taichung, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Cheng, E. Y., C. H. Kao, M. Y. Chiang, and Y. B. Hwang. 2005. Area-wide control of oriental fruit fly and melon fly in Taiwan. p.147-154. *in* the Proceeding of Symposium on Taiwan-American Agricultural Cooperative Projects. Agric. Res. Institute, COA Pub. Taichung, Taiwan, ROC.

Chiang, M. Y., C. H. Kao, Y. B. Huang, E. Y. Cheng, and M. C. Lee. 2007. Studies on small model area-wide control of the oriental fruit fly for wax apple. J. Taiwan Agric. Res. 56:153-164. (in Chinese with English abstract)

Chiu, H. H. and L. C. Yang. 1998. Current situation and prospect of controlling fruit fly in Taiwan. p.1-8. *in* the Proceeding of Symposium on Fruit Fly for Control Technique in Taiwan. (Liu, Y. C. and S. J. Cheng, eds.) National Chung Hsing Univ. Pub. Taichung, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Cunningham, R. T. and D. Y. Suda. 1986. Male annihilation through mass-trapping of male flies with methyl eugenol to reduce infestation of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) larvae in papaya. J. Econ. Entomol. 79:1580-1582.

Lee, L. W. Y. and K. K. Chang. 1980. The Taiwan Project. p.85-97. *in* the Proceeding of Symposium on Fruit Fly Problems. Nat. Institute of Agric. Sciences Pub. Yatabe, Ibaraki, Japan.

Lindquist, D. A. 2000. Pest management strategies: area-wide and conventional. p.13-19. *in* the Proceeding of Symposium on Area-wide Control of Fruit Flies and Other Insect Pests. Penerbit Univ. Sains Malaysia Pub. Penang, Malaysia.

Su, W. Y., C. N. Chen, E. Y. Cheng, and Y. B. Hwang. 2003. The geographical distribution and statistical forecasting of Oriental fruit flies in Taiwan. p.67-110. *in* the Proceeding of Symposium on Plant Protection Management for Substainable Development: Technology and New Dimension. Plant Protection Society of the Republic of China Pub. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC. (in Chinese with English abstract)

Vargas, R. I., R. F. L. Mau, R. Wong, and E. B. Jang. 2006. Successful utilization of the area-wide approach management of fruit flies in Hawaii. p.31-40. *in* the Proceeding of International Symposium on Area-wide Management of Insect Pests. Okinawa Prefectural Agric. Res. Center Pub. Okinawa, Japan.

Studies on Small Model Area-wide Control of the Oriental Fruit Fly for Citrus [1]

Yu-Bing Huang[2], Ching-Hua Kao[2,4], Ming-Yao Chiang[2], Edward Y. Cheng[4], and Mu-Chuan Lee[3]

Abstract

Huang Y. B., C. H. Kao, M. Y. Chiang, E. Y. Cheng, and M. C. Lee. 2008. Studies on small model area-wide control of the oriental fruit fly for citrus. J. Taiwan Agric. Res. 57:63-73.

Citrus is a very important fruit crop in Taiwan with an acreage of more than 32,000 ha, however, the threat from the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel, OFF) is a constant problem. Current OFF control program started in 1959 for the purpose of protecting the citrus for export, and control of OFF has been on the priority list. Following the success of area-wide control of OFF in sugar apple (in Taitung) and wax apple (in Juan-Nan), practical test on citrus becomes urgent. Da-Lin Township of Chia-Yi County was selected because citrus is the only fruit crop grown in this area. With the corporation of growers from Da-Lin, an area-wide OFF control program was launched in 2005, which included measures such as geographic and agricultural information gathering. OFF population monitoring, male annihilation by methyl eugenol bait and protein food bait to kill and lure female OFF. The 400 ha test area covering 120 ha citrus orchards started the control program since early June of 2005, and the OFF population was greatly reduced to less than one fly per trap per day. No hot spots were found due to alternative hosts of OFF was rarely existed in this area. The citrus production in Da-Lin was not subjected to bagging as it was done to the the wax apple or sugar apple. As such, the OFF damage rate was assessed directly. By sampling the citrus fruits from three orchards, 0.35% damage rate was obtained. Another benefit of this program was no insecticide spray needed. Reduction of OFF damage minimized the cost of insecticide spray and residual problem, which also improved the quality of citrus fruits and the environment in which farmers are routinely working. For two consecutive years, the saving of insecticide spray was estimated at 1.4 million NT dollars (US$ 44,343) per year. It is also observed that economic motivation and farmer education were essential to a successful area-wide control program. The small acreage model in citrus is of vital importance because there are a number of similar production areas like Da-Lin in Taiwan, and field demonstration on area-wide OFF control to other citrus growers will be initiated in the near future.

Key words: Area-wide control, *Bactrocera dorsalis*, Citrus, Small acreage model.

---

1. Contribution No.2312 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: March 27, 2008.
2. Respectively, Assistant Entomologist, Associate Entomologist, Assistant Entomologist and Entomologist, Applied Zoology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Chief, Pest Management Section, Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine (BAPHIQ), Council of Agriculture.
4. Corresponding author, e-mail: chkao@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23309097.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 57(1):74-84 (2008)

高屏地區農產品批發市場關係品質的前因與結果 [1]

顏財發[2,5] 林永順[3] 羅婉容[4]

摘 要

顏財發、林永順、羅婉容。2008。高屏地區農產品批發市場關係品質的前因與結果。台灣農業研究 57:74-84。

中間商在農場行銷通路中扮演很重要的功能；然而，他們的行為可能導致企業忠誠度與農場行銷的績效。本研究嘗試分析交易行為的因素與評估所謂他們的關係品質，在台灣的高屏地區使用立意抽樣，以人員訪談獲得 269 份有效問卷，主要的估計方法為因素分析法。結果顯示中間商對企業的公平性可能會影響他們的滿意、信任與承諾；因此，這些關係因素最終對企業會產生忠誠度，這些結果也提供農產品行銷管理政策的改善建議與未來研究的學術意涵。

關鍵詞：農產品批發市場、關係品質、關係承諾、公平性。

前 言

因應 WTO 後全球化、經濟自由化發展，各類產品及產業之發展與供需，均遵從恆久不變的市場供需法則運行。生鮮蔬果農產品當然也須遵循市場法則，故價格波動在所難免。行政院農委會為建立果菜市場公開、公平、公正的拍賣交易制度，提高拍賣公信力，並發揮批發市場迅速集散貨品、均衡供需、形成合理價格的重要職能，已輔導大消費市場如台北、三重、台中等果菜市場，充實電腦拍賣設備、建立電腦拍賣制度。唯市場價格係經市場交易機制形成，視果菜當日進貨量、品質、拍賣時間、承銷人數、天候狀況及節慶需求等因素而定，每日市場情況不一。供應人 (賣方) 與承銷人 (買方) 間的關係仍有不公平的行為，導致供應人認為交易價格不合理、交易過程仍不公平等問題。

大型果菜市場如此，其他傳統果菜批發市場以議價為主，農會、合作社、產銷班與農民除自售與送到台北外，多數委託行口 (俗稱經紀商；broker) 代賣，扣除佣金與相關費用後才匯入農民帳戶，則有更多交易不公平的現象，如資訊不對稱 (每日市況不一，農民不在現場)、人為因素 (與行

---

1. 接受日期：2008 年 3 月 28 日。
2. 國立屏東科技大學熱帶農業暨國際合作系博士生、企業管理系兼任講師。台灣 屏東縣 內埔鄉。
3. 國立屏東科技大學農企業管理研究所副教授。台灣 屏東縣 內埔鄉。
4. 國立屏東科技大學農企業管理研究所碩士。台灣 屏東縣 內埔鄉。
5. 通訊作者，電子郵件：mygirltea@yahoo.com.tw；傳真機：(08)7740466。

口關係較好的農民或農民團體的產品會優先被處理) 等，有時也損及雙方的關係 (滿意、信任、承諾等；satisfaction, trust, commitment)。行口和承銷商 (俗稱販仔；consignee or vender) 的交易也有許多不公平的現象，如行口明明知道有些是隔日貨或次級品，但通常他們不會主動告知承銷商或僅告知少數承銷商，此時承銷商受到不公平的對待，有時產生溝通或衝突上的問題。行口對農民或農民團體也有不公平的知覺，如部分農民或農民團體分級未落實、或次級品夾藏箱底，損及行口信用與利潤；行口對承銷商也有一些不公平知覺，如部份大型承銷商會挾持大量購買優勢進行議價，承銷商買到品質不一的產品，若賣不出去或賣不好會把責任歸咎於行口未慎選產品。因此，傳統果菜批發市場買賣交易人間除存在交易不公平的問題外，也存在溝通 (communication)、衝突 (conflict) 與關係品質 (relationship quality) (滿意、信任、承諾等) 的問題。

整理過去的文獻，有些學者研究企業與顧客關係的公平性 (justice) 議題 (如 Seiders & Berry 1998; Hoffman & Kelley 2000)，該種關係屬 B2C 的關係；在通路 B2B 關係方面，也有學者曾對食品、汽車、文教、服飾、眼鏡、電腦通訊等產業，研究零售商與供應商間公平性與關係品質的關係 (如 Kumar *et al.* 1995; Ting 2003)，但應用在生鮮農產品運銷通路 B2B 關係的文獻相當缺乏。生鮮農產品的通路成員 (行口與承銷商) 與上游供應商 (農民或農民團體、行口) 的關係品質現況如何？公平性、溝通與衝突對關係品質有哪些影響？關係品質好對生鮮農產品的通路成員又有哪些好處？等都是有趣而重要的議題，也是本文的研究動機。

綜合而言，本研究嘗試建立一個生鮮農產品 B2B 的關係品質整合模型，釐清影響生鮮農產品通路成員關係品質的前因與對關係品質的影響，確認關係品質可產生的關係結果與關係品質對關係結果的影響，最後提供相關建議供相關業者與後續研究者參考。

本研究所稱的關係品質前置因素是指公平性、溝通與衝突；所稱的關係品質內涵是指滿意度、信任與承諾；所稱的關係結果是指忠誠度 (loyalty)。本研究對各變數的衡量均以中間商 (買方或代銷者) 立場爲主，中間商包括零售商、零批商與批發商，不包括自產自銷的農民或農民團體、沒有經過果菜批發市場交易的零售商、零批商與批發商。

材料與方法

研究假設 (Hypothesis)

本研究著重在中間商 (經紀人、承銷人) 對其主要賣方 (農民團體) 關係的知覺，依據相關文獻 (Teo & Lim 2001; Dwyer *et al.* 1987; Anderson & Weitz 1992; Mohr & Spekman 1994; Farrelly *et al.* 2003; Kumar *et al.* 1995; Johnson *et al.* 2003; Devasagayam & DeMars 2004; Geyskens *et al.* 1999; Bloemer & Odekerken-Schroder 2002; Chen *et al.* 2005) 建立研究假設如下：在農產品批發市場的買賣關係中，H1：買方所知覺的公平性顯著正向影響買方對賣方的滿意度；H2：買方所知覺的公平性顯著正向影響買方對賣方的信任；H3：買方所知覺的公平性顯著正向影響買方對賣方的承諾；H4：買方所知覺的溝通顯著正向影響買方對賣方的滿意度；H5：買方所知覺的溝通顯著正向影響買方對賣方的信任；H6：買方所知覺的溝通顯著正向影響買方對賣方的承諾；H7：買方所知覺的衝突顯著負向影響買方對賣方的滿意度；H8：買方所知覺的衝突顯著負向影響買方對賣方的信任；H9：買方所知覺的滿意度顯著正向影響買方對賣方的信任；H10：買方所知覺的滿意度顯著正向影響買方對賣方的承諾；H11：買方所知覺的信任顯著正向影響買方對賣方的承諾；H12：買方所知

覺的滿意度顯著正向影響買方對賣方的忠誠度；H13：買方所知覺的信任顯著正向影響買方對賣方的忠誠度；H14：買方所知覺的承諾顯著正向影響買方對賣方的忠誠度。

發展測量工具 (Measure development)

本研究採用問卷調查法取得資料，主要材料為問卷，問卷內文字的敘述乃以中間商的立場設計。在問卷設計方面，主要依據學者所提相關研究做變數操作性定義，經考量民情、專家與業者意見後修改而得問卷題目，分述如下：依據 Kumar *et al.* (1995) 的文獻，本研究將公平性定義為：在中間商與其主要供應商往來關係中，中間商對供應商行為所評估分配結果、交易程序與雙方互動公平與否的知覺；公平性的衡量問項依據 Kumar *et al.* (1995)、Ting *et al.* (2003) 所發展的量表整理，共採用 9 題問項。參考 Anderson & Weitz (1992) 的研究，將溝通定義為中間商對市場消息或決策意見交流所做的知覺評估；衡量問項參考 Anderson & Weitz (1992) 所發展出的溝通量表，共採用 3 題問項。參考 Chen *et al.* (2005) 將衝突定義為中間商與供應商因情感與認知差異所造成的情緒狀態；衡量問項方面，乃是參考 Anderson & Weitz (1992)、Chen *et al.* (2005) 衡量行銷通路關係之衝突的量表，共採用 6 題問項；依據 Geyskens *et al.* (1999)、Ting *et al.* (2003)、Chen *et al.* (2005) 的文獻整理，本研究滿意度定義為：中間商對於主要供應商的滿意度做全面性評估之後的知覺。衡量問項參考 Geyskens *et al.* (1999)、Chen *et al.* (2005) 的量表，共採用 6 題問項。依據 Morgan & Hunt (1994)、Jarvenpaa *et al.* (1998)、Ting *et al.* (2003)、Chen *et al.* (2005) 等文獻，本研究將信任定義為：中間商對於主要供應商的才能、慈善與正直信任做全面性評估之後的知覺；衡量問項依據 Jarvenpaa *et al.* (1998) 所發展的量表整理，共採用 9 題問項。依據 Meyer & Allen (1991) 的文獻，本研究將承諾定義為：中間商對於主要供應商的情感、規範與持續承諾做全面性評估之後的知覺；衡量問項依據 Meyer & Allen (1991)、Morgan & Hunt (1994)、Verhoef *et al.* (2002) 所發展的量表整理，共採用 9 題問項。參考 Fornell (1992)、Gronholdt *et al.* (2000) 的文獻後，本研究將忠誠度定義為中間商再購買、向他人推薦與對供應商對價格容忍度等的知覺評估；衡量問項依據 Fornell (1992)、Gronholdt *et al.* (2000) 所發展的量表整理，共採用 3 題問項。衡量方式採李克特七點量表，由非常不同意到非常同意，分別給予 1 到 7 分，分數愈高代表中間商對主要供應商公平性、溝通、滿意度、信任、承諾與忠誠度正面知覺愈高，衝突程度知覺越高。

抽樣調查 (Sampling and survey)

受限於研究經費，本研究以高屏地區四個果菜市場 (高雄果菜批發市場、鳳山市農會果菜批發市場、屏東市農會果菜市場與麟洛果菜市場) 為母體，進行抽樣調查。高雄果菜批發市場與鳳山市農會果菜批發市場為高雄縣市最大的果菜批發市場，屬於蔬菜水果產地市場及消費市場，蔬菜水果占總運銷量比率約 65%與 35%，供應人與承銷人比約 1.5。屏東市農會果菜市場為產地消費市場，以蔬菜為主 (佔總交易量 70%)，水果為輔，80%的交易以滿足縣內承銷人為主。麟洛果菜市場為屏東縣最大果菜市場，屬蓮霧、芒果的產地市場，其他水果的消費的市場，沒有提供蔬菜批發業務，中間商 (行口) 70%的業務為集貨轉運至中北部的市場。

基於研究目的、研究需要與可行性考量，本研究採用立意抽樣法，由訪員依所分派區域選擇符合研究要求的樣本，親自拜訪果菜市場各攤位負責人進行問卷訪談。抽樣的樣本數依據一般理論建議，在容忍誤差 $e = 0.05$ 以及可靠度 $1- \alpha = 0.95$ 之下，算出所需樣本 $n = 288.12$，因此決定所需之

有效樣本最少為 289 份。本研究於 2007 年 1-2 月以人員訪談發放 300 份問卷，合計取得 269 份有效問卷，有效問卷率 90%。由問卷基本資料可知受訪者性別男多於女，年齡以 41-50 歲最多 (104 人；38.7%)，受訪樣本販售水果多於蔬菜，營業年數以 15 yrs 以上居多 (166 人；61.7%)，教育程度以高中職為主 (122 人；45.4%)，年營收各佔三分之一。整體而言，本研究樣本涵蓋各年齡層、教育層、年營收與不同營業年數層，應具代表性。

結　果

信度分析 (Reliability analysis)

關係品質前置因素 (溝通、衝突與公平性) 三個量表的信度係數均高於 0.7 (溝通 0.7907；衝突 0.7001；公平性 0.8983)，此結果說明三個量表均具有良好的內部一致性。但衝突量表中的第 5 題和第 6 題個項與總項相關值太低 (0.0399 與 0.0822)，給予刪除後衝突構面的信度係數提升至 0.8983。關係品質內涵三個量表的信度係數均高於 0.7 (滿意度 0.8641；信任 0.8817；承諾 0.8992)，此結果說明三個量表均具有良好的內部一致性。關係品質結果構面的信度分析顯示，信度係數 (0.6442) 略低於 0.7，尚屬可接受範圍，忠誠度量表仍具相當的內部一致性。

建構效度 (Construct validity)

本研究針對各構面量表進行因素分析 (factor analysis)，找出它們各自的共同因素。本研究所有構面 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 均大於 0.5 與 Bartleet's 球體檢定均達顯著水準顯示樣本資料適合進行因素分析。接著本研究以最大變異法 (maximum variance) 做為轉軸法，以 0.5 為因素負荷量 (factor loading) 萃取標準，萃取特徵值 (eigenvalues) 大於 1 的因素，因素分析結果如下。

公平性構面因素負荷值 0.408-0.823，特徵值 5.74，累計解釋變異達 63.77%，刪除因素負荷小於 0.5 的題項後，因素負荷 (0.608-0.839) 均大於 0.5，調整後量表具有良好的建構效度。溝通構面因素負荷值 (0.502-0.820) 均大於 0.5，特徵值 2.12，累計解釋變異達 70.75%，量表具有良好的建構效度。衝突構面因素負荷值 (0.715-0.831) 均大於 0.5，特徵值 3.08，累計解釋變異達 77.09%，調整後量表具有良好的建構效度。

滿意度構面因素負荷值 0.454-0.658，特徵值 3.58，累計解釋變異達 59.70%，刪除因素負荷小於 0.5 的題項後，因素負荷 (0.532-0.714) 均大於 0.5，調整後量表具有良好的建構效度。信任構面因素負荷值 0.496-0.798，特徵值 5.74，累計解釋變異達 63.80%，刪除因素負荷小於 0.5 的題項後，因素負荷 (0.567-0.819) 均大於 0.5，調整後量表具有良好的建構效度。承諾構面因素負荷值 (0.548-0.766) 均大於 0.5，特徵值 6.34，累計解釋變異達 70.51%，量表具有良好的建構效度。忠誠度構面因素負荷值 (0.556-0.624) 均大於 0.5，特徵值 1.76，累計解釋變異達 58.86%，量表具有良好的建構效度。

相關分析 (Correlation analysis)

本部份根據研究架構的七大項變數，做皮爾遜積差相關 (Pearson product-moment correlation) 分析，以瞭解各變數間的關係是否具有直線相關。表 1 顯示受訪樣本在 0.01 顯著水準時，所有變數雙尾檢定均達顯著水準。其中公平性與滿意度、公平性與信任、公平性與承諾、滿意度與信任、滿意度與承諾、信任與承諾的相關係數均大於 0.7，屬高度正相關。溝通對滿意度、信任與承諾的

相關係數均小於 0.3，屬低度正相關。衝突對滿意度、信任與承諾的相關係數均為負數，屬負相關。公平性、滿意度、信任與承諾對忠誠度的相關係數介於 0.4-0.7 間，屬中度正相關。所有相關係數大致與理論文獻相符。

路徑分析 (Path analysis)

路徑分析結果整理如表 2。四個模式的變異數自我膨脹因素 (VIF; variance inflation factor) 均小於 10 (VIF = 1.169-3.275)，變數共線性 (collinarity) 問題應無虞。模式 1 分析結果顯示滿意度、信任與承諾對忠誠度的預測解釋力為 0.522，假設 7「滿意度顯著正向影響忠誠度」、假設 8「信任

表 1. 農產品批發市場溝通、衝突、公平性、滿意、信任、承諾與忠誠度間的相關係數

Table 1. Correlation coefficients for communication, conflict, justice, satisfaction, trust, commitment, and loyalty in farm wholesaler markets

Construct	Mean	SD.	1	2	3	4	5	6	7
Communication	4.9393	0.8191	1.000						
Conflict	2.9935	0.9154	-0.249 [z]	1.000					
Justice	4.9819	0.7730	0.375	-0.542	1.000				
Satisfaction	5.2506	0.6812	0.394	-0.601	0.787	1.000			
Trust	4.9317	0.7290	0.366	-0.542	0.758	0.737	1.000		
Commitment	4.7819	0.8380	0.362	-0.543	0.763	0.785	0.774	1.000	
Loyalty	5.0409	0.7599	0.254	-0.458	0.661	0.655	0.644	0.694	1.000

[z] Significant at 0.01 probabilities.

表 2. 農產品批發市場忠誠度、承諾、信任與滿意的路徑分析結果

Table 2. Results of path analysis for loyalty, commitment, trust and satisfaction in farm wholesaler markets

Model	Dependent	Independent	F-value	T-value	Coefficient	VIF
1	Loyalty	Satisfaction	98.57***	3.064**	0.221	2.919
	R^2=0.522 [z]	Trust		2.762**	0.195	1.939
		Commitment		4.794***	0.370	2.823
2	Commitment	Justice	165.81***	3.722***	0.220	3.092
	R^2=0.711	Communication		0.425	0.015	1.222
		Satisfaction		6.197***	0.355	3.257
		Trust		6.306***	0.340	1.943
3	Trust	Justice	115.22***	7.156***	0.438	2.992
	R^2=0.630	Communication		1.344	0.055	1.198
		Conflict		-2.258*	-0.106	1.601
		Satisfaction		4.737***	0.307	3.275
4	Satisfaction	Justice	180.68***	14.114***	0.619	1.588
	R^2=0.668	Communication		2.677**	0.102	1.169
		Conflict		-5.724***	-0.240	1.452

[z] R^2: Standardized adjust R^2; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 (single side).

顯著正向影響忠誠度」與假設 9「承諾顯著正向影響忠誠度」均獲得統計檢定支持。模式 2 分析結果顯示公平性、滿意度與信任對承諾的預測解釋力為 0.711，假設 1-3「公平性顯著正向影響承諾」、假設 5 滿意度顯著正向影響承諾」與假設 6 信任顯著正向影響承諾」均獲得統計檢定支持。模式 3 析結果顯示公平性、衝突與滿意度對信任的預測解釋力為 0.630，溝通對信任並無顯著影響，假設 1-2 公平性顯著正向影響信任」、假設 3-2「衝突顯著負向影響信任」與假設 5「滿意度顯著正向影響信任」獲得統計檢定支持。模式 4 果顯示公平性、溝通與衝突對滿意度的預測解釋力為 0.668，假設 1-3「公平性顯著正向影響滿意度」、假設 2-1「溝通顯著正向影響滿意度」與假設 3-1「衝突顯著負向影響滿意度」獲得統計檢定支持。

路徑分析的效果整理如表 3，就關係品質三要素對忠誠度的影響而言，承諾的直接影響最大 (0.370)；但就總影響效果而言，滿意度的總影響最大 (0.511)。就影響關係品質的前因而言，公平性對滿意度、信任與承諾的影響均大於溝通，是影響關係品質的前置因素中影響力較大的因素。且公平性對承諾的影響大於公平性對滿意度與信任的影響，顯示中間商知覺公平後，對賣方會產生滿意度、信任、承諾與忠誠度。

討　論

本研究之目的為探討影響關係品質的前置因素與關係品質對關係結果的影響，經由文獻探討建立研究模型與量表，資料蒐集後初步分析結果顯示樣本分布尚稱均勻，具有極高的樣本代表性，且測量工具 (量表) 具有良好的信度與建構效度。在 21 組雙變數相關分析中，當顯著水準 0.01 時，所有雙變數雙尾檢定均達顯著水準，所得結果與理論相符。假設檢定結果顯示 14 個子假設中有 12 個假設獲得支持，研究發現整理如下：

公平性對滿意度、信任與承諾有顯著正向影響，與 Teo & Lim (2001)、Dwyer *et al.* (1987)、Anderson & Weitz (1992) 的研究結果相符合，公平性是關係品質的影響前置因素。溝通對滿意度有顯著正向影響，與 Mohr & Spekman (1994) 的研究結果相符合，溝通越完善確實能提升買賣雙方的滿意度。但溝通對信任與承諾的影響並不顯著，與 Morgan & Hunt (1994)、Farrelly *et al.* (2003) 的研究結果不同。本研究推測，農產品批發市場中買賣方的競爭性高與交易時間短促，導致溝通對信任與承諾的影響不顯著。買賣雙方如何突破高競爭性與交易時間短的瓶頸，增加溝通進而提升信任與承諾是個有趣的議題，有待後續研究進一步探討。衝突對滿意度、信任有顯著負向影響，與 Kumar *et al.* (1995)、Johnson *et al.* (2003) 的研究結果相符。在農產品批發市場中，通路成員間之關係愈不

表 3. 農產品批發市場忠誠度、承諾、信任與滿意的路徑分析的效果
Table 3. Effects of path analysis for loyalty, commitment, trust, and satisfaction in farm wholesaler markets

Constructs	Justice	Communication	Conflict	Satisfaction	Trust	Commitment
Satisfaction	0.619 [z]	0.102	-0.240	-	-	-
Trust	0.628	0.115	-0.248	0.590	-	-
Commitment	0.683	0.092	-0.158	0.508	0.340	-
Loyalty	0.451	0.156	-0.024	0.511	0.321	0.370

[z] The Coefficients refer to directs and indirect effects.

對稱，則買賣雙方間的衝突增加，買方對於賣方的信任可能因此降低；除非能有效管理衝突，否則衝突對買賣雙方之關係會產生負面結果，並降低滿意度。

其次，關係品質三個元素間的關係，滿意對信任與承諾有顯著正向影響，信任對承諾有顯著正向影響，分析結果與 Dwyer *et al.* (1987)、Ting *et al.* (2003)、Chen *et al.* (2005) 的研究相符。在農產品批發市場中，通路成員間的滿意度可讓交易夥伴感受對方是誠實可靠可信任的，提高滿意度會導致較高的士氣與合作，增強繼續長期合作的關係，進而產生承諾。在農產品批發市場中，通路成員間如具有信任關係，買方信任賣方的信用與商譽，賣方供應高品質商品，有助於買方持續與賣方合作往來，進而產生承諾。

最後，在關係品質三個元素與忠誠度的關係方面，滿意、信任與承諾對忠誠度均有顯著正向影響，分析結果與 Dick & Basu (1994)、Chow & Holden (1997)、Bloemer & Odekerken-Schroder (2002) 的研究相符。在農產品批發市場中，買賣方滿意的關係，會帶來再購意願與口碑推薦，有助於提升賣方的銷售量與獲利；買賣方具信任的關係，有助於再購意願的提昇，也因信任關係願意將往來商家推薦他人；買賣方如具有承諾的關係，將因承諾而產生持續往來購買的行爲，減少蒐集交易資訊的成本，對雙方都有利。

綜合言之，公平性對滿意度、信任、承諾有顯著正相關與正向影響力，溝通對滿意度、信任、承諾有顯著正相關但僅對滿意度、信任有顯著影響力，衝突對滿意度、信任有顯著負向相關與負向影響力，滿意度對信任、承諾與忠誠度有顯著正相關與正向影響力，信任對承諾與忠誠度均爲顯著正相關與正向影響力，承諾對忠誠度均爲顯著正相關與正向影響力。故，公平性對關係品質三個要素都有顯著正向影響，是關係品質的重要影響前因。關係品質好確實會導致較佳的忠誠度，其中以滿意度對忠誠度的影響較大。此外，衝突對關係品質中滿意度與信任的影響係數絕對質小於公平性，本研究認爲買賣方的衝突會降低雙方的關係品質但影響沒有公平性大。

實務管理意涵 (Managerial application)

第一、實證分析結果顯示公平性對滿意度、信任、承諾有顯著正相關與正向影響力，亦即中間商知覺賣方有較高的公平性，中間商對賣方的滿意度、信任與承諾的知覺都會較高，所以賣方應該從提升公平性著手。在公平性的問項中，「與供應商所承擔的責任相較，我們所獲得的結果是公平的」、「與其他零售商所獲得的利潤相較，我們所獲得的結果是公平的」、「這家供應商對待所有的零售商都一視同仁」這三題的平均得分較低，所以本研究建議賣方可從分配公平性的部分去改善，可依照交易年資、信用等級、交易量區分買方客戶群，婉轉讓中間商知道他們所結果是公平的。

第二、溝通對滿意度、信任有顯著直接正向影響力，亦即雙方的溝通管道越暢通，越能讓中間商產生較高的滿意度與信任，所以賣方應該重視雙方的互動溝通。在溝通問項中，「供應商會請我們提供有關行銷活動方面的意見」的平均數最低，所以本研究建議賣方應多提供市場交易訊息給中間商，如新品種、新產品、新通路、新促銷方式等。

第三、衝突對滿意度、信任有顯著負向相關與負向影響力，亦即衝突會降低買方的滿意度與信任感，所以賣方應設法控制衝突。在衝突問項中，「對供應商，我們常會表達不同的想法」、「關於供應商應有的作法，我們常會表達各種不同的看法」的平均得分較高，也是衝突的來源，本研究建議賣方應積極傾聽有建設性的想法，妥善處理無益的意見。

第四、滿意度對信任、承諾與忠誠度有顯著正相關與正向影響力，亦即較高的滿意度會導致較高的信任、承諾與忠誠度，所以賣方應設法提升經濟與非經濟滿意度。在滿意度的問項中，「這家供應商帶給我們卓越的且賺錢的競爭優勢」、「我們很高興銷售這家供應商的產品」、「販賣這家供應商的產品，我們獲得不錯的利潤」的平均數最低，這些項目多屬經濟滿意度的部分，本研究建議賣方可以提出相關數字資料顯示我們比競爭者更能讓中間商獲得賺錢優勢與利潤，這樣或許可以提升中間商的經濟滿意度。

第五、信任對承諾與忠誠度有顯著正相關與正向影響力，較高的信任度會導致較高的承諾與忠誠度，所以賣方應該積極提升信任度。在信任的問項中，「這家供應商答應我們的事一定會做到」、「我們喜歡這家供應商的工作價值觀」、「這家供應商的行為常常前後一致」等問項平均得分較低，且均屬正直信任的問項，因此本研究建議賣方應該要言行一致、說到做到的工作價值觀，或許可以改善中間商的信任度。

第六、承諾對忠誠度有顯著正相關與正向影響力。亦即較高的承諾會導致較高的忠誠度。在承諾的問項中，「如果我們離開這家供應商，我們會受到嚴重的損失」、「我們現在想離開這家供應商有困難度」、「我們已投入許多時間，我們很難終止與這家供應商的關係」等平均得分較低且都屬於持續承諾的問項，因此本研究建議賣方可搭配溝通技巧，讓中間商了解轉換賣方的優缺點，如不利中間商則較容易持續關係。

研究限制 (Limitation)

本文雖力求完善，但仍有以下限制。 (一) 由於生鮮農產品的交易行為受供需特性影響甚大，本文僅從關係行銷關點探討，可能存在其他更適合生鮮農產品的交易行為的理論基礎，如交易成本理論、賽局理論等； (二) 本文從中間商立場出發，探討買賣方關係，但買賣雙方存在多種角色，如貨主 (農民)、代銷人 (經紀人、農會) 與承銷人 (一般零售商) 等，不同角色的交易關係是否有差異本文並未探討； (三) 本研究樣本取自高屏地區，可能不同於其他地區，研究結果的適用性應受限制。

引用文獻 (Literature cited)

Anderson, E. and B. Weitz. 1992. The use of pledges to build and sustain commitment in distribution channels. J. Market Res. 29:18-34.

Bloemer, J. and G. Odekerken-Schroder. 2002. Store satisfaction and store loyalty explained by customer- and store-related factors. J. Consumer Sat., Dissat. and Complain. Beha.15:68-80.

Chen, C. N., S. Y. Lin, and S. C. Ting. 2005. The relationships of trust, commitment, and the related factors: an empirical study of the franchise systems. Taiwan Acad. Manag. J. 5:209-230. (in Chinese with English abstract)

Chow, S. and R. Holden. 1997. Toward an understanding of loyalty: the moderating role of trust. J. Manage. Issues 9:275-298.

Devasagayam, R. and J. DeMars. 2004. Consumer perceptions of alternative dispute resolution mechanisms in financial transactions. J. Fina. Services Market 8:378-387.

Dick, A. S. and K. Basu. 1994. Customer loyalty: toward an integrated conceptual framework. J. Acad. Market Sci. 22:99-113.

Dwyer, F. R., P. H. Schurr, and S. Oh. 1987. Developing Buyer-Seller Relationships. J. Market 51:11-27.

Farrelly, J., F. Quester, and P. Mavondo. 2003. Collaborative communication in sponsor relations. Corporate Communication 8:128-138.

Fornell, C. 1992. A national customer satisfaction barometer: the Swedish experience. J. Market 55:1-21.

Geyskens, I., J. E. M. Steenkamp, and N. Kumar. 1999. A meta-analysis of satisfaction in marketing channel relationships. J. Market Res. 36:223-238.

Gronholdt, L., A. Martensen, and K. Kristensen. 2000. The relationship between customer satisfaction and loyalty: cross-industry differences. Total Quality Manage. 11:509-516.

Hoffman, K. D. and S. W. Kelley. 2000. Perceived justice needs and recovery evaluation: a contingency approach. Eur. J. Market 34:418-432.

Jarvenpaa, S. L., K. Knoll, and D. E. Leidner. 1998. Is anybody out there? Antecedents of trust in global virtual teams. J. Manage. Info. S. 14:29-64.

Johnson, J. T., H. C. Barksdale, and J. S .Boles. 2003. Factors associated with costomer willingness to refer leads to salespeople. J. Business R. 56(4):257-263.

Kumar, N., L. K. Scheer, and J. B. E. M. Steenkamp. 1995. The effects of supplier fairness on vulnerable resellers. J. Market Res. 32:54-65.

Meyer, J. P. and N. J. Allen. 1991. A three-component conceptualization of organizational commitment. H. R. M. Rev. 1:61-98.

Mohr, J. J. and R. Spekman. 1994. Characteristics of partnership success: partnership attributes, communication behavior, and conflict resolution techniques. Strategic Manage. J. 15:135-152.

Morgan, R. M. and S. D. Hunt. 1994. The commitment-trust theory of relationship marketing. J. Market 58:20-38.

Seiders, K. and L. L. Berry. 1998. Service fairness: what it is and why it matters. Acad. Manage. Executive 12:8-20.

Teo, T. S. H. and V. K. G. Lim. 2001. The effects of perceived justice on satisfaction and behavioral intentions: the case of computer purchase. I. J. Retail Distribution Manage. 29:109-124.

Ting, S. C. 2003. The Impact of Justice on Channel Relationship Quality. Doctoral thesis. National Cheng Kung Univ. 178 pp. (in Chinese with English abstract)

Verhoef, P. C., P. H. Franses, and J. C. Hoekstra. 2002. The effect of relational constructs on customer referrals and number of services purchased from a multiservice provider: does age of relationship matter? J. Acad. Market Sci. 30:202-216.

Antecedents and Consequences of Relationship Quality in Farm Wholesaler Markets in Kaohsiung and Pingtung Area [1]

Tsai-Fa Yen[2,5], Yeong-Shenn Lin[3], and Wan-Jung Lo[4]

Abstract

Yen, T. F., Y. S. Lin, and W. J. Lo. 2008. Antecedents and consequences of relationship quality in farm wholesaler markets in Kaohsiung and Pingtung area. J. Taiwan Agric. Res. 57:74-84.

Middlemen act as an important function in farm marketing channels. However, their behaviors may result in loyalty of business and the performance of farm marketing. This study attempted to analyze factors of exchange behaviors and evaluate so-called their quality. The sampling on purpose was carried out at Kaohsiung and Pingtung of Taiwan. The 269 valid questionnaires had been completed with personal interviews. The factor analysis was the main method of estimation. The results showed that fairness of middlemen on business might affect their satisfaction, trust and commitment. Hence, these relation factors finally could lead to the loyalty of business. The results may suggest for the improvement of management policies of farm product marketing and academic implications for the future research.

Key words: Farm wholesaler market, Relationship quality, Relationship commitment, Justice.

---

1. Accepted: March 28, 2008.

2. Doctoral Student in Department of Tropical Agriculture and International Cooperation and jointly appointed lecturer in Dept. of Business Administration, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

3. Respectively, Associate Professor, Graduate Institute of Agribusiness Management National PingTung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

4. Graduate Student, Graduate Institute of Agribusiness Management, National PingTung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

5. Corresponding author, e-mail: mygirltea@yahoo.com.tw; Fax: (08)7740466.

附錄：問卷
Appendix: Measure Items

構面 Concept	問項 Items	參考文獻 References
溝通 communication	1.我們和供應商都強調要讓彼此都保持消息靈通。 2.我們參與許多供應商的行銷與規劃之工作。 3.供應商會請我們提供有關行銷活動方面的意見。	Anderson and Weitz (1992)
衝突 conflict	4.和供應商的人員相處會動怒。 5.和供應商的人員相處常有個人的摩擦產生。 6.供應商的人員和我們的個性有很大的不合。 7.和供應商間有強烈的緊張狀態。 8.對供應商，我們常會表達不同的想法。 9.關於供應商應有的作法，我們常會表達各種不同的看法。	Anderson and Weitz (1992)、Chen *et al.* (2005)
公平性 justice	10.與供應商對產品所做的努力相較，我們所獲得的結果是公平的。 11.與供應商所承擔的責任相較，我們所獲得的結果是公平的。 12.與其他零售商所獲得的利潤相較，我們所獲得的結果是公平的。 13.這家供應商對待所有的零售商都一視同仁。 14.面對零售商合理的反應意見時，這家供應商會改變其政策。 15.這家供應商對零售商面臨的當地情況有充分的了解。 16.這家供應商會向零售商解釋他們的決定。 17.這家供應商與零售商間有高程度的雙向溝通。 18.這家供應商有禮貌且有規矩。	Kumar *et al.* (1995)、Ting *et al.* (2003)
滿意 satisfyaction	19.這家供應商帶給我們卓越的且賺錢的競爭優勢。 20.我們很高興銷售這家供應商的產品。 21.販賣這家供應商的產品，我們獲得不錯的利潤。 22.我們與這家供應商的關係沒有敵對的感覺。 23.我們與這家供應商的互動方式是彼此互相尊重。 24.我們與這家供應商的業務代表相處得很愉快。	Geyskens *et al.* (1999); Chen *et al.* (2005)
信任 trust	25.我們對這家供應商的能力非常有信心。 26.這家供應商有豐富的專業知識。 27.這家供應商有能力幫助我們提升績效。 28.這家供應商非常關心我們的經營能力。 29.這家供應商覺得我們的營運成敗是一件重要的事。 30.這家供應商不會做出傷害我們的事。 31.這家供應商答應我們的事一定會做到。 32.我們喜歡這家供應商的工作價值觀。 33.這家供應商的行為常常前後一致。	Jarvenpaa *et al* .(1998)
承諾 commitment	34.我們很願意和這家供應商共度未來。 35.我們真的感覺這家供應商的問題就是我們的問題。 36.我們有歸屬於這家供應商的強烈意識。 37.如果我們離開這家供應商，我們會受到嚴重的損失。 38.我們現在想離開這家供應商有困難度。 39.我們已投入許多時間，我們很難終止與這家供應商的關係。 40.離開這家供應商我們會有罪惡感。 41.這家供應商值得我們對它忠誠。 42 .我們對這家供應商有義務和責任，現在不會離開這家供應商。	Meyer and Allen (1991)、Morgan and Hunt (1994)、Verhoef *et al.* (2002))
忠誠度 loyalty	43.我會向其他人介紹這家廠商。 44.供應商所提供的服務會影響我再購之意願。 45.若供應商提高價格，我們仍願意再購買。	Fornell(1992)、Gronholdt *et al.*(2000)

台灣農業研究

（原中華農業研究）

第五十七卷　第一期

中華民國九十七年三月出版

發行人：陳炳輝

總編輯：方尚仁

主　編：吳宜晏　陳盈佑

編審委員：

生技組：吳明哲（主審）

作物組：歐錫坤（主審）
呂秀英　黃肇家　楊純明　劉新裕
施昭彰　徐信次　劉政道

農化組：郭鴻裕（主審）
簡宣裕

植病組：安寶貞（主審）
蔡武雄　鄧汀欽　謝廷芳

應動組：王清玲（主審）
陳炳輝　陳健忠　鄭　允　溫宏治

農工組：蔡致榮（主審）
黃禮棟　梁連勝

種原組：黃勝忠（主審）

農經組：潘德芳（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 57, No. 1 Mar. 2008

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH
(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Chen, Bing-Huei

EDITOR IN CHIEF: Fang, Shan-Jen

EDITORS:

Wu, Yi-Yan Chen, Ying-You

EDITORIAL BOARD:

Ann, Pao-Jen (Plant Pathology)
Guo, Horng-Yuh (Agriculture Chemistry)
Huang, Sheng-Chung (Crop Genetic Resources)
Ou, Shyi-Kuan (Crop Science)
Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)
Tsay, Jyh-Rong (Agriculture Engineering)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)
Wu, Min-Tze (Biotechnology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei
Chen, Chien-Chung
Cheng, Edward Yun
Chien, Shiuah-Yuh
Deng, Ting-Chin
Hsieh, Ting-Feng
Hsu, Hsin-Tszu
Huang, Chao-Chia
Huang, Li-Duhng
Liang, Lien-Sheng
Liou, Tsung-Dao
Liu, Sin-Yie
Lu, Hsiu-Ying
Shih, Jau-Chang
Tsai, Wu-Hsiung
Wen, Hung-Chich
Yang, Chwen-Ming

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations.

台灣農業研究第五十七卷第一期

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：陳炳輝

總 編 輯：方尚仁

地　　址：台中縣霧峰鄉萬豐村中正路一八九號

網　　址：htpp://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)2330-2301～5

印 製 者：學安文化事業有限公司

地　　址：台中市南區仁和二街七十八號

電　　話：(04)2286-1600

出版日期：九十七年三月三十一日

展 售 處：五南文化廣場　　400 台中市中山路 6 號

電話：(04)2226-0330

Mar, 2008

Journal of Taiwan Agricultural Research

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Vol. 57, No.1

Research Reports

The Preliminary Identification of *Pineapple mealybug wilt-associated virus*-1 on Pineapple in Taiwan

Jye-Yann Liao, Chung-Ci Hu, Chin-An Chang, and Ting-Chin Deng 1

Studies on Automated Fertigation and Remote Monitoring Control System for Anthurium Flowers

Lung-Hu Lu, Jyh-Rong Tsay, Wei-Ming Hsiang, Wu-Huann Shyu, and Keng-Chang Chuang.... 15

Studies on Anthocyanidin and Total Phenolic Contents of Sweet Potato

Toong-Long Jeng, Tong-Hai Tseng, Yi-Ju Shih, Yung-Chang Lai, and Min-Tze Wu.................. 33

Environmental Safety Assessment of Transgenic Virus Resistant Papaya - I. The differences of soil microbial population and available nutrients concentration

Shiuan-Yuh Chien, Hsin-Der Sih, Chien-Yih Lin, Ming-Hui Chang, and Pan-Chi Liuo 49

Studies on Small Model Area-wide Control of the Oriental Fruit Fly for Citrus

Yu-Bing Huang, Ching-Hua Kao, Ming-Yao Chiang, Edward Y. Cheng, and Mu-Chuan Lee ... 63

Antecedents and Consequences of Relationship Quality in Farm Wholesaler Markets in Kaohsiung and Pingtung Area

Tsai-Fa Yen, Yeong-Shenn Lin, and Wan-Jung Lo 74

ISSN 0022-4847

9 770022 484003

Published by The Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號　中華郵政中臺字第〇三〇九登記為雜誌交寄

GPN 2009500560

定價：新台幣一七五元